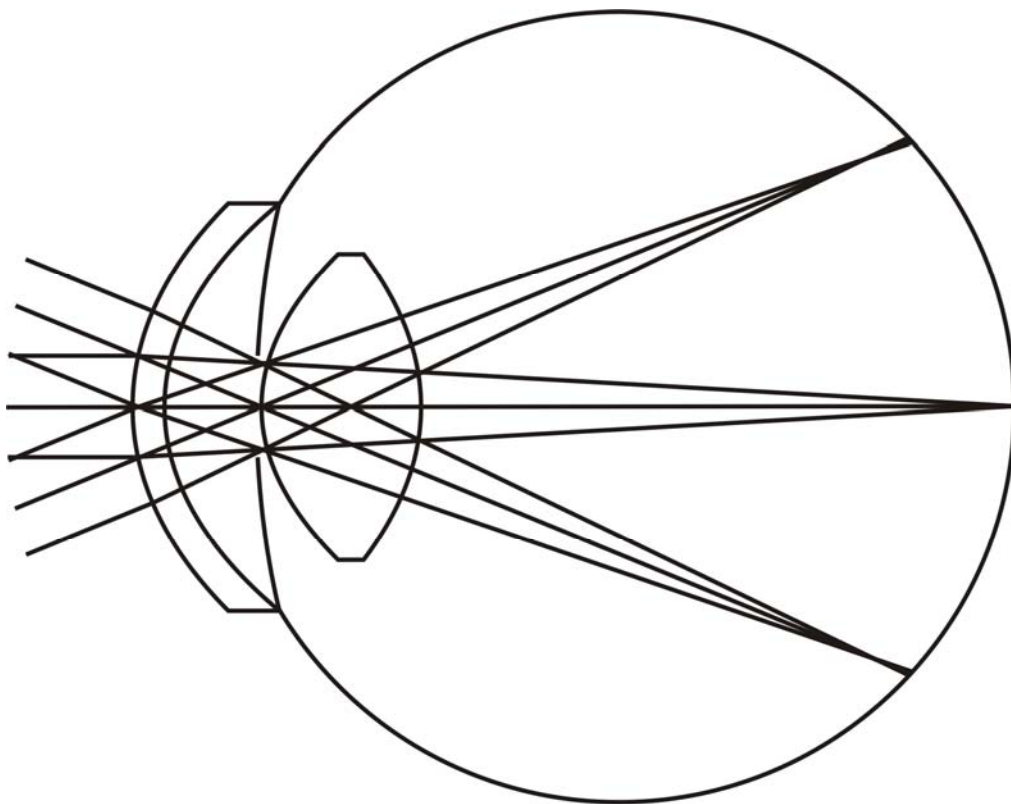


Д. Н. Черкасова, А. В. Бахолдин

ОПТИЧЕСКИЕ ОФТАЛЬМОЛОГИЧЕСКИЕ ПРИБОРЫ И СИСТЕМЫ

Часть I



Санкт-Петербург

2010

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, МЕХАНИКИ И ОПТИКИ

Д.Н. Черкасова, А.В. Бахолдин

ОПТИЧЕСКИЕ ОФТАЛЬМОЛОГИЧЕСКИЕ ПРИБОРЫ И СИСТЕМЫ

ЧАСТЬ I

Учебное пособие



Санкт-Петербург

2010

Черкасова Д.Н., Бахолдин А.В. Оптические офтальмологические приборы и системы. Часть I. Учебное пособие. – СПб: СПбГУ ИТМО, 2010. – 159 с.

В учебном пособии приводятся теоретические сведения и указания по выполнению семи лабораторных работ за оптическими офтальмологическими приборами по курсам «Оптические приборы», «Микроскопы и медицинские приборы», «Оптические офтальмологические приборы и системы», «Эргономика зрительной деятельности человека».

Учебное пособие предназначено для подготовки студентов. Направления подготовки: 200200 – Оптотехника, специальность 200203 – Оптико-электронные приборы и системы. Оно может быть полезно для аспирантов, преподавателей ВУЗов, научных работников и инженеров, занимающихся созданием и эксплуатацией оптических приборов и систем.

Рекомендовано Учебно-методическим объединением ВУЗов Российской Федерации по образованию в области приборостроения и оптоэлектроники для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлению подготовки 200200 – Оптотехника, и специальности 200203 – Оптико-электронные приборы и системы.

Рецензент: д.т.н., профессор И. А. Коняхин, кафедра оптико – электронных приборов и систем СПбГУ ИТМО.

Одобрено на заседании кафедры прикладной и компьютерной оптики 07 мая 2009 г., протокол №7.



В 2009 году Университет стал победителем многоэтапного конкурса, в результате которого определены 12 ведущих университетов России, которым присвоена категория «Национальный исследовательский университет». Министерством образования и науки Российской Федерации была утверждена Программа развития государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Санкт-Петербургский государственный университет информационных технологий, механики и оптики» на 2009–2018 годы.

© Санкт-Петербургский государственный университет информационных технологий, механики и оптики, 2010

© Черкасова Д.Н., Бахолдин А.В., 2010

ПРЕДИСЛОВИЕ

Два типа оптических систем как объекты освоения

Объекты освоения в рамках данного учебного пособия - два типа оптических систем: биологическая - зрительный анализатор человека (ЗРАН) и оптические офтальмологические приборы (ООП). Как следствие в нем использованы терминология и системы единиц, принятые и в технике, и в медицине.

Известно, что технические характеристики ООП как любого оптического прибора содержатся в соответствующей технической документации и могут колебаться в некоторых допустимых пределах. Этап математического моделирования (расчет схемы оптики), предшествует изготовлению. Исследуя готовый ООП, проверяют соответствие его оптической системы расчету схемы оптики.

Зрительный анализатор человека как биологическая оптическая система

Характеристики ЗРАН называются зрительными функциями, а его предельные возможности – зрительными порогами. Считается, что ЗРАН находится в норме, если зрительные функции не выходят за пределы биологической изменчивости (распределение Гаусса), которые зависят и от возраста. В противном случае говорят о патологиях. Математические модели воспроизводят уже существующий ЗРАН или его компоненты. Адекватность этих моделей определяется в результате исследования ЗРАН. Имеющая место взаимосвязь зрительных порогов исключается тем, что исследуемый ЗРАН ставят в такие условия, при которых эта взаимосвязь не проявляется.

В офтальмологии доминирует диоптрийное исчисление, эффективное в случае иммерсионных систем, каковой и является оптическая система глаза. В этом исчислении длина отрезка a [м], лежащего в среде с показателем преломления n , выражается величиной $A=n/a$ в диоптриях [дптр]: в воздухе $A=1/a$. Введены следующие понятия: рефракция $D = n'/f' = -n/f$ [дптр], где f, f' – переднее и заднее фокусные расстояния [м]; передняя вершинная рефракция $-D_F = n/S_F$ [дптр] и задняя вершинная рефракция $D'_{F'} = n'/S'_{F'}$ [дптр], где $S_F, S'_{F'}$ – передний и задний фокальные отрезки [м]. Действие клиньев, всегда называемых в офтальмологии призматическими линзами, измеряется в призмных диоптриях Δ , [прдптр]. Отклонение лучей такой линзой силой $\Delta=1$ прдптр составляет 1 см на расстоянии 1 м от этой призмы, что соответствует углу $34'$, тангенс которого равен $\text{tg}34' \approx 0,01$.

В субъективных методах офтальмологии диагноз основывается на ответах пациента, а в объективных не зависит от них. В частности, при использовании субъективных методов исследования и пациент, и оператор

работают по принципиальной схеме, показанной на рис. 1, где дано расположение в плане системы парных глаз OU (лат. *oculi utriusque*): правого глаза OD (лат. *oculi dextri*) и левого глаза OS (лат. *oculi sinistri*) наблюдателя, рассматривающего предмет ABD . Точка A зрительной фиксации изображается в центральных точках (пунктах) A'_1 и A'_2 желтых пятен сетчаток. Линии, проведенные от фиксируемой глазом точки через центры зрачков C_1 и C_2 на центральные ямки желтых пятен, называются осями фиксации или зрительными осями. При рассматривании далеких и близко расположенных объектов глазная база $C_1C_2=b$ изменяется незначительно. Согласно рис. 1 угол α конвергенции зрительных осей (параллактический угол) составляет $\alpha=2\cdot\arctg[b/(2\cdot e)]\cong b/e$.

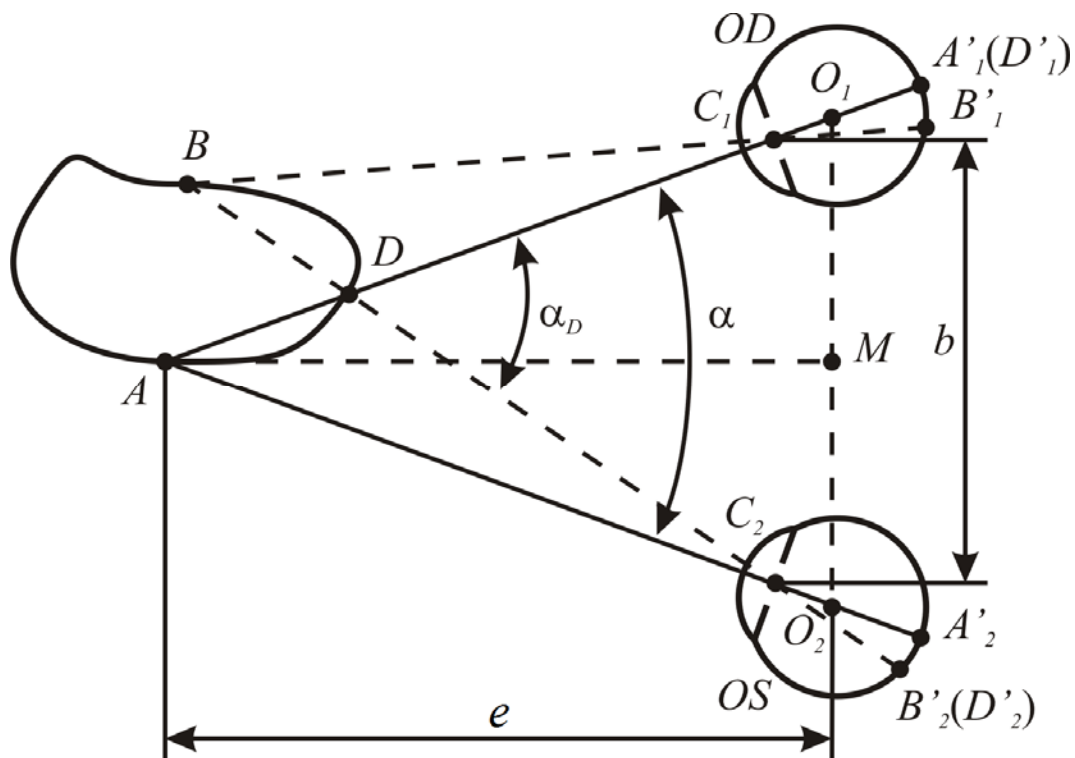


Рис. 1. Принципиальная схема стереоскопического зрения

При фиксации точки A происходят одновременно конвергенция зрительных осей глаз и аккомодация на расстояние $e \cong a=AC_1=AC_2=1000/A_{кк}$, мм, где $A_{кк}$ - аккомодация, дптр. И таким образом, взаимосвязь между значениями α и $A_{кк}$ (аккомодативная конвергенция) выражается следующей формулой: $\alpha=b\times A_{кк}/1000$, рад. Если точка B находится на таком же расстоянии e , что и точка A фиксации взора, то изображения точки B получаются на сетчатках парных глаз в компаратных пунктах B'_1 и B'_2 , смещенных относительно пунктов A'_1 и A'_2 в одну и ту же сторону и на одно и то же расстояние: $A'_1B'_1=A'_2B'_2$. Предположим теперь, что глазами фиксируется точка A , а некоторая точка D находится на расстоянии, отличном от e . Тогда ее изображения на сетчатках, диспаратные пункты D'_1 и D'_2 , не будут равноудалены от

пунктов A'_1 и A'_2 . На рис.1 точка D выбрана так, что в правом глазу расстояние $A'_1D'_1=0$, а в левом глазу оно составляет $A'_2D'_2$. Диспаратность пары пунктов D'_1 и D'_2 измеряется пластикой $\delta\alpha=\alpha_D-\alpha$. Диспаратность в условиях отсутствия двоения воспринимается зрительным анализатором как выход точки D из той вертикальной плоскости, в которой лежит точка A фиксации, вперед или назад, в зависимости от знака угла $\delta\alpha$: парные глаза участвуют в акте бинокулярного пространственного зрения. Геометрическое место точек, для которых $\delta\alpha=const$, называется гороптером. По мере увеличения расстояния угол α уменьшается до нуля. Если некоторая точка A_i находится на расстоянии около 1,3 км, то ей соответствует параллактический угол $\alpha_i = \delta\alpha_{min} \cong 10''$. В этих условиях наблюдатель не в состоянии отличить данную точку от бесконечно удаленной: парные глаза участвуют в акте бинокулярного зрения.

Зрительный анализатор человека (ЗРАН) состоит из двух глазных яблок (парные глаза) и двух зрительных нервов (периферический отдел), системы мышц (глазодвигательный аппарат) и части мозга, воспринимающей и перерабатывающей передаваемые по нервным волокнам сигналы (центральный отдел). Глазные яблоки, находящиеся в глазных бокалах черепа, движутся содружественно в результате комбинированного действия соответствующих мышц, осуществляя поиск и фиксацию объекта. Все движения глазного яблока – это вращения вокруг некоторого центра, лежащего на расстоянии приблизительно 13,5 мм от вершины роговицы, близко к его центру. Задача каждой динамической оптической системы, состоящей из зрачка и оптических сред глазного яблока, – построить в этих условиях изображение внешних предметов на сетчатке. Задача сетчатки заключается в восприятии изображения, преобразования световой энергии в нервные импульсы для дальнейшего их направления в мозг по волокнам зрительного нерва. В результате работы мозга человек осмысливает наблюдаемую картину, используя зрительные функции. Сведения о зрительных функциях человека в норме в возрасте от 18 до 45 лет сведены в таблицу 1.

Таблица 1. Зрительные функции

Зрительная функция	Пределы, зрительные пороги	
	Наименование	Численное значение
1	2	3
Монокулярное зрение		
Центральное форменное зрение	острота зрения в норме	$1 (\text{угл. мин})^{-1}$
Рефракционное равновесие	аметропия в норме	$- 6 \div + 6$ дптр

1	2	3
Зрительная фиксация: – дрейф – тремор – скачки (флики)	скорость амплитуда амплитуда частота длительность амплитуда скорость интервал	6 угл. мин./с 3' ÷ 30' 1' 30 ÷ 90 Гц 25 мс 2' ÷ 6' 3 ÷ 12 град/с от 0.1 до нескольких с
Монокулярное поле зрения	угол поля зрения: – по горизонтали – по вертикали	90 ⁰ ÷ 100 ⁰ (к виску) 50 ⁰ ÷ 60 ⁰ (к носу) 50 ⁰ ÷ 60 ⁰ (вверх) 60 ⁰ ÷ 75 ⁰ (вниз)
Зрачковый рефлекс	изменение диаметра зрачка	0.9 ÷ 8 мм
Адаптация: – световая – темновая – диапазон яркостей	Время яркость	20 ÷ 30 мин 10 ÷ 15 мин 10 ⁻⁶ ÷ 10 ⁵ кд·м ⁻²
Аккомодация (А)	объем аккомодации микрофлуктуация частота время на установку	14 дптр (10 лет), 10 дптр (20 лет), 8 дптр (25÷30 лет), ≈1 дптр (старше 60 лет) ±0.2 дптр 0.5 Гц ≈1 с
Спектральная чувствительность	относительная спектральная чувствительность (зависит от длины волны)	4·10 ⁻⁴ (λ=400 нм) 0.995 (λ=550 нм) 1.5·10 ⁻⁵ (λ=780 нм)
Световая чувствительность	пороговая яркость	≈10 ⁻⁶ кд/м ²
Контрастная чувствительность	пороговый контраст	0.02 (для объектов размером ≥1°)
Отклонение зрительной оси	Угол	45 ⁰ ÷ 50 ⁰

1	2	3
Бинокулярное зрение		
Глазная база	Длина	53 ÷ 74 мм
Бинокулярное поле зрения	угол поля: – по горизонтали – по вертикали	≈ 180° ≈ 120°
Пространственное зрение	зона нечувствительности параллактический угол порог пространственного зрения острота зрения	4' ÷ 6' 5" ÷ 16° 5" ÷ 12" ≤ 6 (угл. мин) ⁻¹
Конвергенция (К)	угол конвергенции зрительных осей	10" ÷ 16°
Аккомодативная конвергенция (Акк/К)	зона переносимости зона комфорта	3 дптр 1 дптр
Фузия	угол начала двоения	≈ 16°
Изейкомия	анизейкомия (разномасштабность парных изображений)	3% ÷ 5%
Инерция зрения	пропускная способность: -по остроте зрения; -по скорости чтения	4.42·10 ⁷ бит/с 20 ÷ 70 бит/с

Глаз как динамическая оптическая система

Форма глаза и его компонентов устанавливается примерно к 18 годам. На рис. 2 показано сечение в плане глазного яблока человека схематически. Глазное яблоко заключено в эластичную белую оболочку, склеру 1. Ее передняя, слегка выпуклая прозрачная часть в форме мениска – это роговица 2. За роговицей находится передняя камера глаза 3. Сзади передняя камера ограничивается непрозрачной перегородкой, называемой радужкой 4, от окраски которой зависит цвет глаз. В центре радужки, напротив роговицы, имеется отверстие 5, зрачок. За радужкой располагается задняя камера 6 глаза. В ней находится эластичный слоистый хрусталик 7, с жестким ядром. Он заключен в тонкую прозрачную сумку, прикрепленную с помощью цинновых связок к мускульному кольцу хориоидеи (сосудистой оболочки). Вся полость, находящаяся между хрусталиком и глазным дном, заполнена студенистым и прозрачным стекловидным телом 8. Внутренняя поверхность склеры со стороны стекловидного тела, вплоть до зубчатой линии 9, устлана светочувствительной сетчаткой 10.

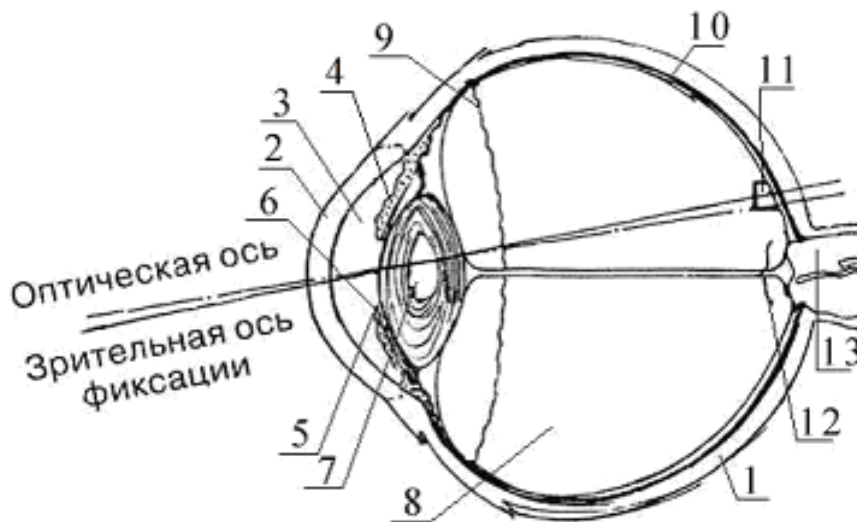


Рис. 2. Сечение глазного яблока горизонтальным главным меридианом

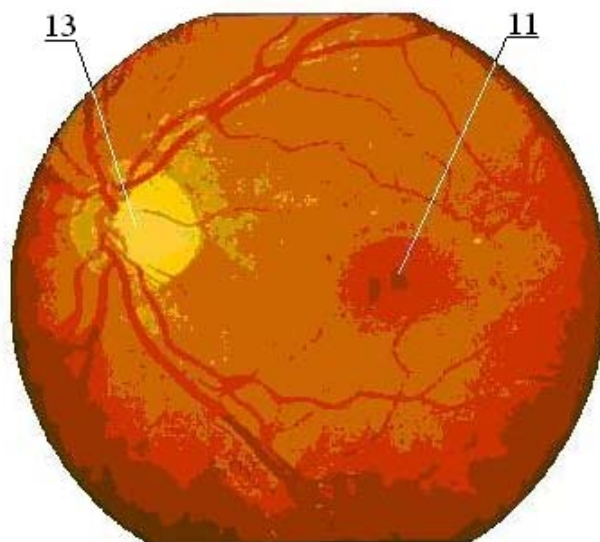


Рис. 3. Глазное дно

Фоторецепция, то есть восприятие света и его переработка в другие виды энергии (химическую и электрическую), происходит именно в сетчатке (рис. 3). В сетчатке имеются четыре вида рецепторов: светочувствительные палочки и три вида колбочек, чувствительных и к цвету, и к свету. Всего в сетчатке имеется 7 млн. колбочек и 12 млн. палочек. В центральной части сетчатки преобладают колбочки, а ее периферическая часть состоит главным образом из палочек. Функцию центрального форменного зрения реализует макула 11 (желтое пятно), которая имеет овальную форму и несколько вытянута в горизонтальном направлении. Ее угловой размер индивидуален и колеблется от 5° до 10° . В середине макулы имеется центральная ямка (фовеа) с поперечным размером 0,4 мм, что соответствует в пространстве предметов углу $1,2^\circ$. Фовеа состоит только из колбочек с поперечным размером 2 мкм, соответствующих углу около $1'$ в предметной плоскости. Вокруг желтого

пятна расположена центральная зона с угловым размером в области объектов около 30° . Она содержит все четыре вида рецепторов. В периферической зоне вначале исчезают синечувствительные, затем зеленочувствительные и, наконец, красночувствительные колбочки. Поперечный размер периферической колбочки составляет приблизительно 3,2 мкм, а палочки- 1,8 мкм. Перед зубчатой линией расположена часть периферической зоны, содержащая только палочки. В сторону носа, сбоку от макулы, имеется слепое пятно 12 (первая зона световой нечувствительности). В этом месте сетчатки, где отсутствуют и палочки, и колбочки, находится диск зрительного нерва. Все нервные волокна, идущие от палочек и колбочек, сплетаются здесь в зрительный нерв 13, который покидает глазное яблоко, направляясь в мозг человека. Считается, что каждая колбочка макулы имеет индивидуальное представительство в мозгу. Центральная и периферическая зоны представлены полями. Сетчатка прикреплена к главному диску зрительного нерва, а также по зубчатой линии 9 (вторая зона световой нечувствительности). Форму сетчатки, как и всего глазного яблока, поддерживает давление стекловидного тела, а кровью снабжают артерии и вены (см. рис. 3). Сетчатка примерно совпадает с задней фокальной поверхностью (рефракционное равновесие) у соразмерного глаза в покое аккомодации.

Оптическая система глаза состоит из системы нецентрированных асферических поверхностей, разделяющих оптические среды с изменяющимися скачком показателями преломления. Эти поверхности объединены в роговицу и хрусталик, между которыми находится водянистая влага передней и задней камер. Стекловидное тело образует иммерсию. Роль апертурной диафрагмы выполняет круглый и центрированный зрачок глаза. Все центры оптических поверхностей глаза лежат оптимально близко к условной оптической оси глаза. Зрительная ось (фиксации) составляет угол примерно 5° с оптической осью глаза и проходит через центр зрачка и центральную ямку макулы (см. рис. 2). Обладая внутренней фокусировкой (аккомодация), глаз работает как с бесконечности, так и в ближней области. Функция аккомодации возложена на хрусталик. Способность к аккомодации постепенно утрачивается с возрастом (см. табл. 1).

Рабочий спектральный интервал составляет 380 – 740 нм. Следующие оптические характеристики отражают факт биологической изменчивости глаза. Рефракция глаза может быть от 52 до 62 дптр. Фокусные расстояния глаза взаимосвязаны соотношением: $f' \approx -1.34 \cdot f$. Диаметр зрачка глаза (АД) может меняться от 0.9 до 6 мм. Пределы фокусировки (объем аккомодации) от -16 мм до $-\infty$, уменьшаются с возрастом (см. табл. 1). Увеличение в зрачках $\approx 0.9^\times$. Приемником лучистой энергии служит сетчатка, угловой размер которой в пространстве изображений составляет около 180° .

Сетчатка реагирует на экспозицию, то есть на произведение $E \cdot t$, [лк·сек], где E – освещенность сетчатки, t – время освещения. Сетчатка различает цвета благодаря свойствам колбочек. Желтое пятно осуществляет функцию центрального форменного зрения, а действие периферических зон носит сигнальный характер. Роль полевой диафрагмы выполняет зубчатая линия.

Снижение освещенности глазного дна наблюдается только на периферических участках, удаленных от условной оптической оси более чем на 50° . Оболочки глаза склера и хориоидея (сосудистая оболочка) пропускают на сетчатку около 5% падающего на них света, активно поглощая и рассеивая его. Глаз не является самосветящимся объектом. Наблюдение переднего (роговица, хрусталик) и заднего (стекловидное тело, глазное дно) отделов живого глаза возможно благодаря свойствам оптических сред глаза создавать вторичные световые потоки при прохождении через них первичного светового потока. Во-первых, его зеркально отражают поверхности, разделяющие оптические среды с различными показателями преломления, особенно передняя поверхность роговицы. Во-вторых, часть этих сред (роговица, хрусталик, стекловидное тело) создает вторичное излучение вследствие их оптической неоднородности (явление Тиндаля). Это пример мутных сред, со следующими характерными особенностями: диффузное рассеяние по Ламберту, частичная поляризация и сдвиг максимума вторичного светового потока в сторону коротких длин волн. В результате коэффициент $\tau_{\text{гл}}$ пропускания в оптической системе глаза составляет $0.5 \div 0.9$. Коэффициент диффузного отражения глазным дном вторичного неполяризованного светового потока составляет 0.2, а в инфракрасной области спектра – 0.05.

Качество изображения оптической системы зрительного анализатора человека характеризуют в состоянии рефракционного равновесия в спектральном интервале от 0.3 мкм до 1.08 мкм, используя следующие критерии: дифракционная разрешающая способность в центре и по полю; передаточная функция (частотно-контрастная характеристика); волновая аберрация в плоскости входного зрачка каждого из парных глаз. Оптическая система глаза считается безабберационной, если ее разрешающая способность определена в первую очередь дифракцией на входном зрачке. Считается, что аберрации оптической системы глаза в норме не сказываются на ее разрешающей способности при диаметре зрачка $d_{\text{зр}} \leq 2.5$ мм. Соразмерный глаз в норме работает на дифракционном пределе разрешающей способности при диаметрах зрачка $2 \div 4$ мм и менее. При больших диаметрах зрачка на разрешающую способность глаза влияет сферическая аберрация. Вообще же глаз обладает всеми аберрациями оптической системы: хроматизмом положения и увеличения, сферической

абберацией, комой, астигматизмом, кривизной поля и дисторсией. В эту сводку aberrаций введены две некомпенсируемые монохроматические aberrации нулевого порядка точки на оси: аметропия (расфокусировка) и правильный астигматизм (анаморфоза).

У соразмерного глаза aberrации нулевого порядка пренебрежимо малы. Несколько математических моделей соразмерного глаза применяются на практике в настоящее время. Наиболее распространенная из них – это модель «Схематический глаз» по Гюльстранду, которая корректна при использовании углового поля до 20° (рис. 4).

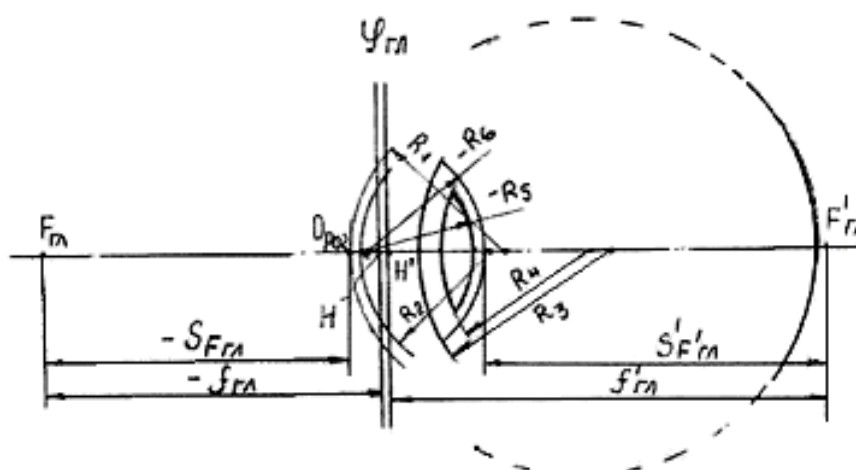
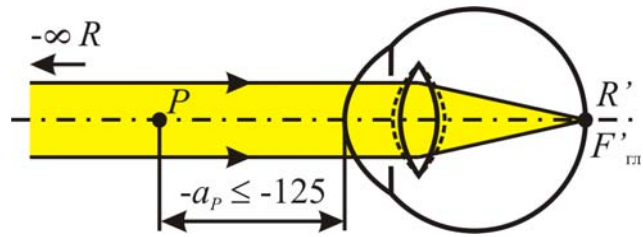
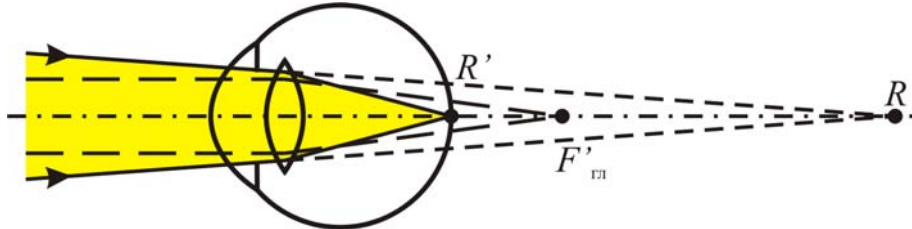


Рис. 4. Схема оптической системы глаза по Гюльстранду

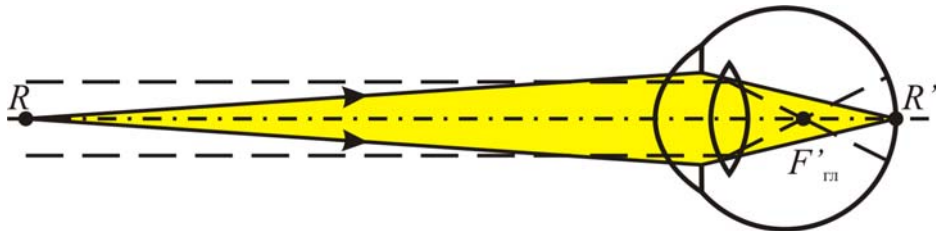
О выполнении зрительным анализатором своих функций (см. табл. 1) имеет смысл говорить только в условиях рефракционного равновесия парных глаз. Состояние рефракционного равновесия оптической системы глаза характеризуют, используя следующие обозначения и определения по ГОСТ 14934-88. Дальнейшая точка R ясного видения глаза, – наиболее далекая точка в пространстве предметов, резкое изображение которой получается на сетчатке глаза при отсутствии напряжения аккомодации. Аметропия A_R – величина, обратная расстоянию в метрах от передней главной точки глаза (вершины роговицы) до дальнейшей точки R ясного видения, выраженная в диоптрийной мере. Ближайшая точка P ясного видения, – наиболее близкая точка в пространстве предметов, резкое изображение которой получается на сетчатке глаза при максимальном напряжении A_P аккомодации. A_P – величина, обратная расстоянию в метрах от передней главной точки глаза (вершины роговицы) до ближайшей точки P ясного видения [дптр]. В настоящее время принята следующая классификация аметропии по виду: эметропия (рис. 5 а), гиперметропия (рис. 5 б), миопия (рис. 5 в), пресбиопия (рис. 5 г) и афакия (рис. 5 д). На практике реализована оптическая система «афакичный глаз - интраокулярная линза» (артифакия) (рис. 5 е). Пресбиопия характеризуется через расположение ближайшей точки P ясного видения.



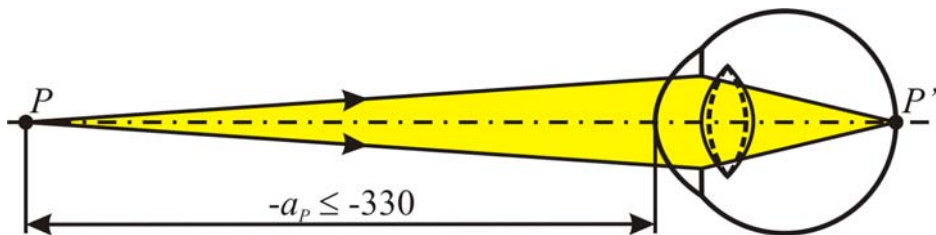
а) эмметропия



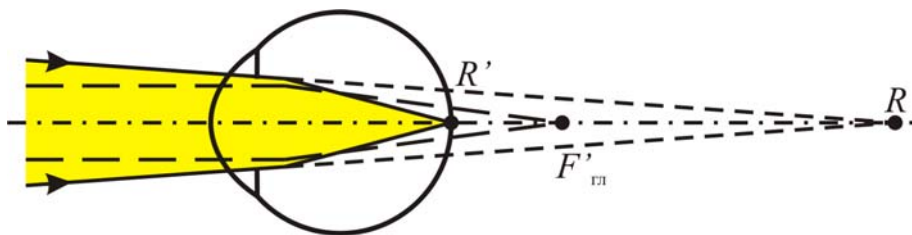
б) гиперметропия



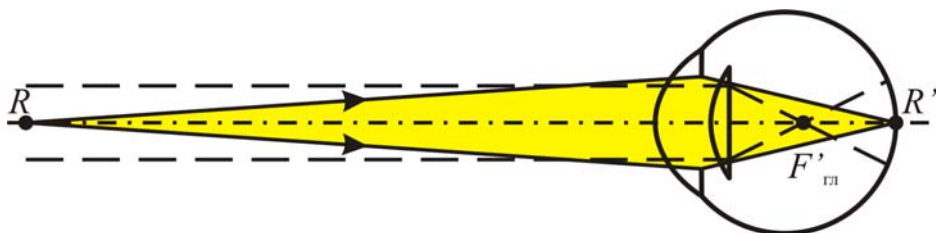
в) миопия



г) пресбиопия



д) афакия



е) артифакия

Рис. 5. Виды аметропии

Эмметропический глаз находится в состоянии рефракционного равновесия. Аметропия различается как по виду, так и по степени. Чем дальше находится фокус от сетчатки, тем выше степень аметропии. Степень обозначают посредством величины со знаком задней вершинной рефракции в диоптриях очковой линзы, приводящей изображение дальнейшей точки R ясного видения глаза на сетчатку. Так, аметропия степени 0 дптр обозначает эмметропию. Аметропию характеризуют в горизонтальном меридиане.

Если можно выделить два меридиана глаза: первый главный меридиан, который расположен ближе к вертикали и второй главный меридиан, расположенный под углом 90^0 к первому, - которые обнаруживают разную степень аметропии или эмметропию, то имеет место так называемый правильный астигматизм глаза для точки на оси. Он поддается оптической коррекции и исследуется методами оптометрии. Внутри каждого из главных меридианов степень аметропии остается постоянной. Различают роговичный, хрусталиковый, либо смешанный правильный астигматизм. В настоящее время по сочетанию аметропии в двух главных меридианах характеризуют тип правильного астигматизма, а по взаимному расположению – вид правильного астигматизма.

Правильный астигматизм глаза подразделяют на следующие типы:

- сложный гиперметропический (НН), при котором сочетается гиперметропия разной степени;
- простой гиперметропический (Н), при котором гиперметропия в одном меридиане сочетается с эмметропией в другом;
- смешанный (НМ или МН), при котором имеет место сочетание гиперметропии в одном меридиане с миопией в другом;
- равномерно смешанный, при котором имеет место сочетание гиперметропии и миопии одной степени по модулю;
- простой миопический (М), для которого характерно сочетание эмметропии с миопией;
- сложный миопический (ММ), который характеризуется сочетанием миопии разной степени в двух главных меридианах.

Кроме того, различают следующие три вида правильного астигматизма: правильный астигматизм прямого вида, когда первый главный меридиан, расположенный вертикально или в секторе $\pm 30^\circ$ от вертикали, имеет большую преломляющую силу; правильный астигматизм обратного вида, при котором второй главный меридиан, расположенный горизонтально или в секторе $\pm 30^\circ$ от горизонтали, имеет большую преломляющую силу; правильный астигматизм с косыми осями, когда оба главных меридиана лежат в секторах от $\pm 30^\circ$ до $\pm 50^\circ$ и от $\pm 120^\circ$ до $\pm 150^\circ$ по градусной шкале (шкала ТАБО - Technische Ausschuss für Brillen Optik, нем.).

Если глаз здоров, но с помощью оптической коррекции не удается получить остроту зрения $\geq 0,8$, то показана оптическая коррекция правильного астигматизма. Именно такая рефракция глаза считается астигматической, и в этом случае вступает в силу понятие об астигматической разности или степени астигматизма: $A_S = A_{Rmax} - A_{Rmin}$. Обычно правильный астигматизм корригируют при условии, что по модулю $A_S \geq 1.5$ дптр. Без коррекции рассчитывают степень аметропии сферического эквивалента рефракции (СЭР) по формуле: $A_R = (A_{Rmax} + A_{Rmin})/2$.

На рис.6 приведена схема обозначения правильного астигматизма прямого типа, смешанного вида с косыми осями и с астигматической разностью - 4 дптр на правом глазе.

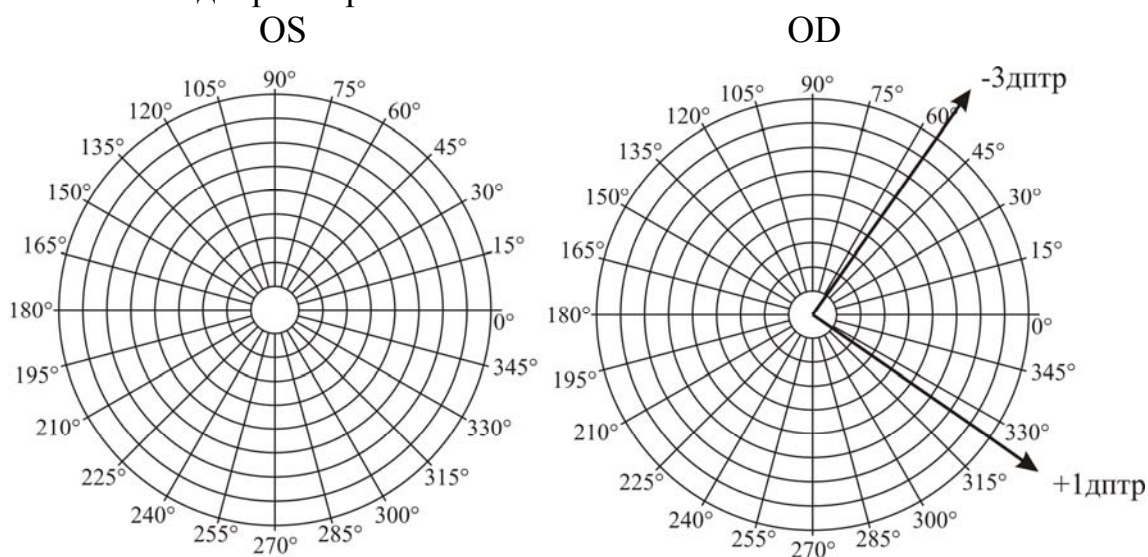


Рис. 6. Градусная шкала (шкала ТАБО)

При оптической коррекции аберраций нулевого порядка компонуют следующие имитационные модели «эмметропический эквивалент глаза»: «очковая линза – глаз», «контактная линза – глаз» и «интраокулярная линза – глаз». Принципиальная оптическая схема очковой коррекции состоит из двух очковых линз и оптической системы парных глаз. В современной оптимальной стандартизованной схеме вершина задней поверхности каждой очковой линзы расположена на расстоянии 12 мм (вертексное расстояние) от вершины передней поверхности роговицы.

Современные очковые линзы имеют форму мениска. В настоящее время стандартизованы: изготовление оправ (*ISO*: 8624:2002; 9456:1991; 11381:1994; 12870:2004,- *ГОСТ*: Р51932-2002); изготовление очковых линз с известной рефракцией (*ISO*: 8980-1:2004; 2:2004; 3:2003;-4:2006;-5:2005; 10322-1:2006; 11715:1998; 13666:1998,- *ГОСТ*30808202/51044-97); изготовление очков по рецепту (*ГОСТ* Р 51193-98).

Биологическим аспектом опасности оптического излучения является термическое и фотохимическое повреждения глазных сред, которые

определяются временем ультрафиолетового, светового и теплового воздействий падающего на глаз излучения.

Оптические офтальмологические приборы (ООП)

В пособии применена классификация изучаемых ООП по целевому назначению, которая выглядит следующим образом:

- приборы для исследования переднего отдела глаза;
- приборы для исследования оптической системы глаза;
- приборы для исследования зрительных функций;
- офтальмологические линзы и зеркально-линзовые системы различного назначения;
- приборы для восстановления рефракционного равновесия;
- приборы для контроля средств оптической коррекции.

Часть этих ООП используют как автономно, так и в составных системах, часть - только в составных системах.

Единый подход к созданию ООП реализован на основании выполнения некоторых необходимых и достаточных (минимальных) медико-технических требований (МТТ) к тому или иному методу и прибору, с помощью которого этот метод реализуется. Минимальные МТТ к ООП вырабатываются чаще всего в рамках международных (*ISO*) и национальных (ГОСТ) стандартов. В таблице 2 приводится перечень Международных стандартов *ISO* на изучаемые ООП.

В России единые минимальные МТТ к каждому ООП утверждаются Министерством здравоохранения и соответствуют действующим стандартам. Однако изготовитель свободен при композиции ООП и его оптической системы.

Любой ООП содержит, по меньшей мере, один осветительный канал и один наблюдательный (передающий) канал. Осветительный канал ООП должен создать стандартные условия наблюдения, при которых результаты исследования глаза (парных глаз) в норме корректны. Оптическая система прибора должна позволять ввести световые фильтры в осветительный пучок. Спектральные характеристики защитных фильтров таковы, что нерабочие ультрафиолетовое и тепловое излучения, которые могут повредить глаз пациента, отсекаются. Обеспечивается допустимость используемой энергетической освещенности глазных сред. Для этого яркость применяемого источника излучения должна регулироваться от максимального значения до 50% от максимума. В наблюдательном канале ООП недопустимо наложение бликов (изображений источников освещения рабочими поверхностями оптической системы прибора или глаза) на картину в поле зрения врача-оператора, а также снижение контраста из-за рассеянного света. Наблюдательный канал рекомендуется снабдить бинокулярной насадкой, обладающей одинаковыми уровнями яркости и

цветности изображений в правом и левом каналах. Оговаривается время безопасной работы в различных режимах эксплуатации ООП. Наружные поверхности оптических офтальмологических приборов, кроме оптических, обязательно дезинфицируют. В России применяют однопроцентный раствор хлорамина по ОСТ 42-21-2-81 и ОСТ 6-01-76-79.

Таблица 2. Международные стандарты *ISO* и ГОСТ.

Стандарт <i>ISO</i>/ГОСТ	Наименование
15004:2006÷2009	ООП. Основные требования и методы испытаний
10342:2003/ Р ИСО10342-2008	<i>Eye refractometers</i> Офтальмологические рефрактометры
10939:2007	<i>Slit lamp microscopes</i> (Микроскопы со щелевой лампой)
9801:1997/ Р ИСО 9801-2008	<i>Treal case lenses</i> Наборы пробных очковых линз
12867:1998	<i>Treal frames</i> (Пробные очковые оправы)
10343:2009/ Р ИСО 10343-2008	<i>Ophthalmometrs</i> Офтальмометры
10938:1998	<i>Chart projectorso</i> (Проекторы зрительных знаков)
8598:1996/ Р 5066-93	<i>Focimeters</i> Диоптриметры
8597:1994 8596:2009	<i>Visual acuity testing. Standard ophTOTYPE and its presentation. Method of correlating ophotypes</i> Определение остроты зрения: стандартный оптотип и его предъявление; метод корреляции оптотипов.
12866:2008	<i>Perimetrts</i> (Периметры)
12865:2006	<i>Retinoscops</i> (Зеркальные офтальмоскопы)
10942:2006	<i>Direct ophthalmoscopes</i> (Прямые офтальмоскопы)
10943:2006	<i>Indirect ophthalmoscohes</i> (Непрямые офтальмоскопы)

Устройство осветительных каналов ООП обусловлено следующими характерными особенностями последних: применение искусственных источников излучения; рабочий спектральный интервал; участие оптической системы глаз пациентов и врачей. Последнее обстоятельство обуславливает требование исключить разрушающее воздействие применяемого излучения на человека. Осветительная система в ООП, с одной стороны, является автономной, но, с другой стороны, она определенным образом и обязательно согласуется с оптической системой передающего канала. В ООП применяются следующие принципиальные оптические схемы осветительного канала:

- освещение в свободном пространстве (рис.7);
- освещение в диафрагмированном пространстве (рис. 8);
- диапроекция или эпипроекция по Келлеру: изображение источника света проектируется во входной зрачок передающего канала (рис. 9);
- критическое освещение, когда изображение источника света совпадает с плоскостью предметов передающего канала (рис. 10).

Классификация принципиальных оптических схем осветительных каналов изучаемых ООП приведена в таблице 3.

Оптические системы передающих каналов ООП классифицируют для соизмерных глаз пациента и врача в покое аккомодации. Их компонуют, используя принципиальные оптические схемы телескопической системы, лупы, или микроскопа, фотографического и репродукционного объективов.

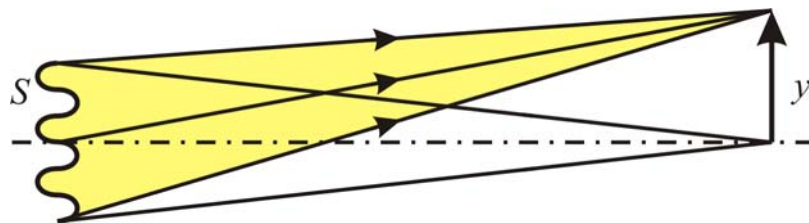


Рис. 7. Освещение в свободном пространстве

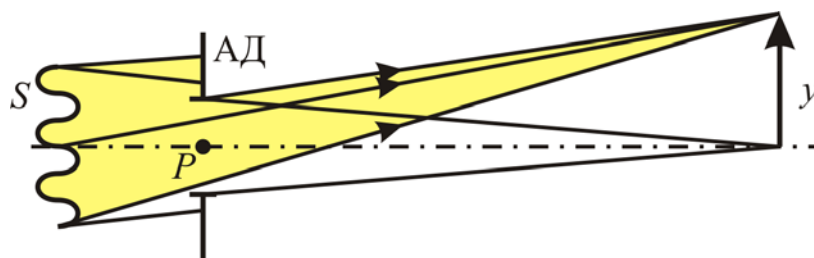


Рис. 8. Освещение в диафрагмированном пространстве

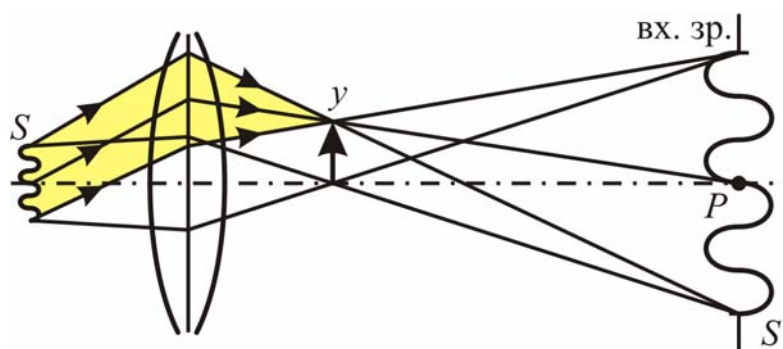


Рис. 9. Освещение по Келлеру

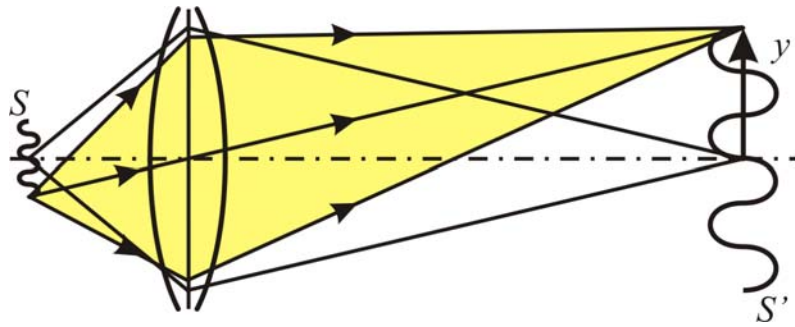
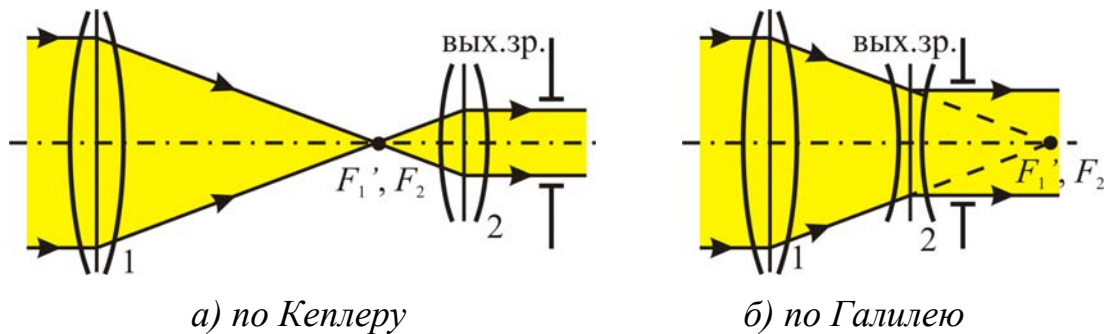


Рис. 10. Критическое освещение

Телескопическая система (ТС) состоит, как минимум, из двух компонентов – объектива и окуляра, причем задний фокус F'_1 объектива совпадает с передним фокусом F_2 окуляра (рис. 11). ТС по Кеплеру (рис. 11, а) имеет положительные объектив и окуляр и формирует перевернутое изображение. В ТС по Галилею (рис. 11, б), формирующей прямое изображение, окуляр отрицательный. Основными оптическими характеристиками ТС являются угловое поле в пространстве предметов 2ω (изображений $2\omega'$), диаметр входного D (выходного D') зрачка и видимое увеличение Γ , причем:

$$\Gamma = \text{tg}\omega' / \text{tg}\omega = D/D' = -f'_1/f'_2,$$

где f'_1, f'_2 – фокусные расстояния объектива и окуляра.



а) по Кеплеру

б) по Галилею

Рис. 11. Принципиальные оптические схемы телескопической системы

Принципиальная оптическая схема микроскопа, показанная на рис. 12, а, тоже состоит из объектива и окуляра. Объект помещают перед фокальной плоскостью объектива, получая перевернутое изображение на расстоянии Δ от его задней фокальной плоскости, в передней фокальной плоскости окуляра. Отрезок Δ называют оптическим интервалом или оптической длиной тубуса микроскопа. Основными оптическими характеристиками микроскопа являются видимое увеличение $\bar{\Gamma}$, линейное поле $2y$ в пространстве предметов (угловое поле $2\omega'$ в пространстве изображений) и числовая апертура A в пространстве предметов (диаметр выходного зрачка D'), причем:

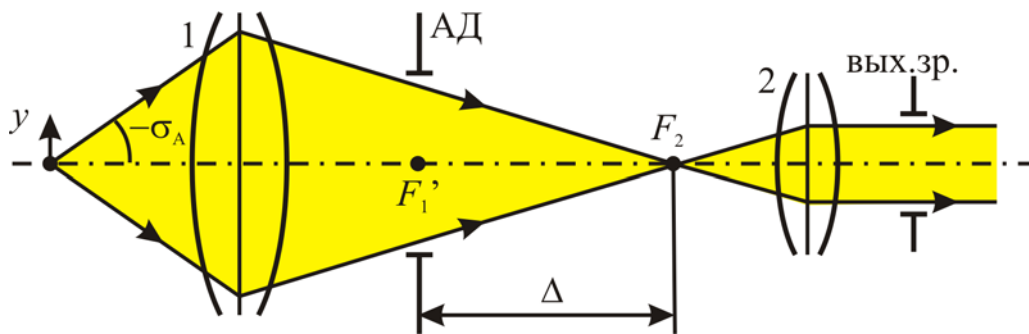
$$\bar{\Gamma} = l_0 \text{tg}\omega' / y = 2l_0 A/D' = l_0 \Delta / f'_1 f'_2,$$

где f'_1, f'_2 – фокусные расстояния объектива и окуляра, соответственно; l_0 – расстояние наилучшего видения, принятое равным $l_0 = 250$ мм, что соответствует объему аккомодации 4 дптр.

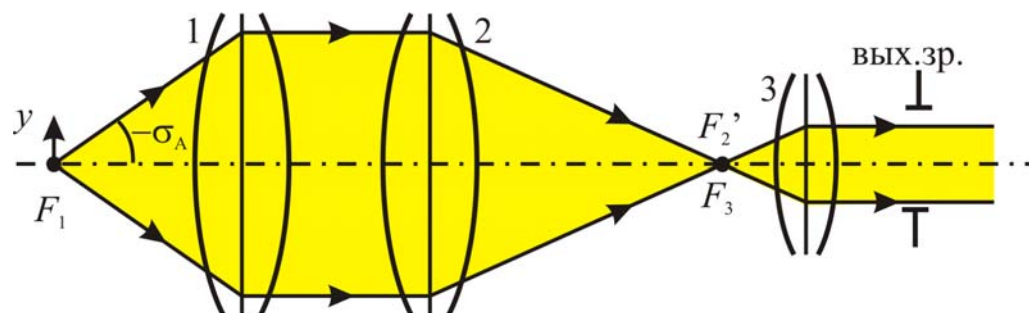
Числовая апертура A определяется произведением $A = n \sin \sigma_A$, где σ_A – передний апертурный угол, n – показатель преломления среды в пространстве предметов. Числовая апертура определяет разрешающую способность микроскопа.

В оптической системе микроскопа с тубусной линзой (рис. 12, б) объект помещается в передней фокальной плоскости объектива 1. Тубусная линза 2 проектирует изображение в свою заднюю фокальную плоскость, совпадающую с передней фокальной плоскостью окуляра 3.

Объект, наблюдаемый через лупу (рис. 12, в), располагается в передней фокальной плоскости, а зрачок глаза оператора – в ее задней фокальной плоскости. Основными оптическими характеристиками лупы, как и у микроскопа, являются линейное поле $2y$ в пространстве предметов, числовая апертура в пространстве предметов A и нормальное видимое увеличение $\bar{\Gamma}_л = 250/f'_л$, где $f'_л$ – заднее фокусное расстояние лупы. Глубину резко изображаемого пространства лупы $T_л$ можно приближенно оценить по формуле: $T_л \cong 0.008 f'_л$.



а) микроскоп



б) микроскоп с тубусной линзой

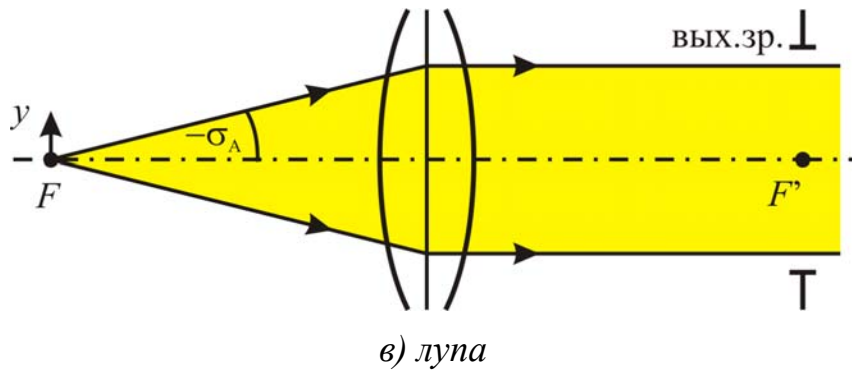


Рис. 12. Принципиальные оптические схемы микроскопа и лупы

Основными оптическими характеристиками репродукционной системы (рис. 13, а) являются: линейное увеличение β , линейное поле в пространстве предметов $2y$ (изображений $2y'$), числовая апертура в пространстве предметов A (в пространстве изображений A'), причем:

$$\beta = y'/y = A/A'.$$

Во многих практических приложениях необходимо организовать телецентрический ход главных лучей в пространстве предметов. Для этого апертурную диафрагму располагают в задней фокальной плоскости объектива, как показано на рис. 13, а. При другом варианте компоновки репродукционного объектива (рис. 13,б) объект устанавливают в передней фокальной плоскости первого компонента, а его изображение получается в задней фокальной плоскости второго компонента. Линейное увеличение такой системы $\beta = -f'_2/f'_1$.

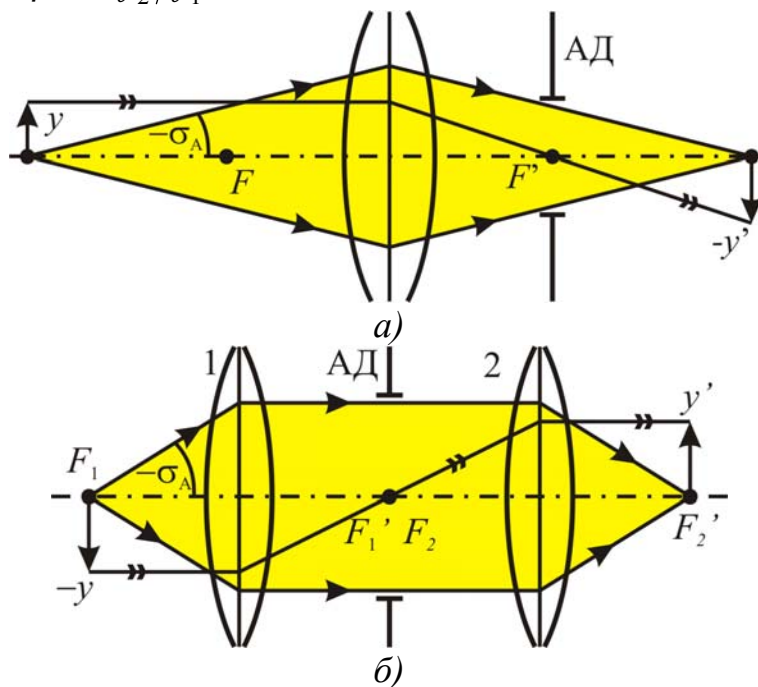


Рис. 13. Принципиальные оптические схемы репродукционной системы

Основными оптическими характеристиками фотографического объектива (рис. 14) являются: заднее фокусное расстояние f' , относительное отверстие D/f' и размер изображения $2y'$, причем:

$$f' = y' / \operatorname{tg} \omega = D / 2 A',$$

где 2ω – угловое поле в пространстве предметов, D – диаметр входного зрачка, A' – числовая апертура в пространстве изображений.

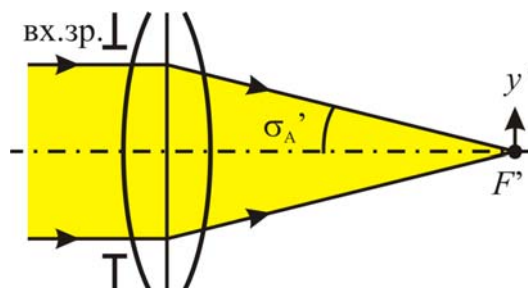


Рис. 14. Принципиальная оптическая схема фотографического объектива

В таблице 3 приведены варианты использования принципиальных оптических систем, встречающиеся в ООП.

Базовые принципиальные оптические схемы ООП классифицируют при условии, что и пациент, и врач – это эметропы.

Пределы компенсации или исследования аметропии и правильного астигматизма пациента и врача регламентируют в стандартах *ISO* и *ГОСТ*. Врачу предоставляется возможность работать в очках.

Таблица 3. Принципиальные оптические схемы ООП

наименование	тип принципиальной оптической схемы каналов	
	передающий канал	осветительный канал
Аппарат Рота	ЗРАН	Освещение в свободном пространстве
Проектор знаков	ЗРАН	Диапроекция по Келлеру
Офтальмометр	ТС по Кеплеру	Освещение в свободном или диафрагмированном пространстве
Офтальмоскоп	ТС по Кеплеру	Эпипроекция по Келлеру
Аномалоскоп	Лупа	Освещение в свободном пространстве; диапроекция и эпипроекция по Келлеру; критическое освещение.
Периметр проекционный	ЗРАН	Освещение в свободном пространстве; диапроекция по Келлеру.
Щелевая лампа	Микроскоп; ТС по Галилею	Эпипроекция по Келлеру
Диоптриметр	Микроскоп	Освещение в свободном пространстве

Проблема компенсации аметропии глаза пациента возникает в случае, если его оптическая система в целом выступает как составная часть оптической системы передающих каналов ООП. Эта проблема решается при условии нейтрализации действия механизмов аккомодации. Как правило, покоя аккомодации достигают, расширяя зрачок глаза медикаментозно до биологически возможных пределов, или же применяют специальную методику исследования. Система компенсации аметропии исследуемого глаза может применяться в качестве измерительной.

Лабораторные работы № 1 ÷ 4 помогают освоить зрительный анализатор человека как замкнутую оптическую систему, используя и субъективные, и объективные методы исследования. Лабораторные работы № 1, 6, 7 посвящены объективным методам исследования оптической системы глаза индивидуума. Лабораторная работа № 5 дает возможность изучить очковые линзы и методы их контроля. В результате выполнения лабораторных работ осваиваются принципы композиции оптических офтальмологических приборов и составных систем.

Лабораторная работа № 1

БОЛЬШОЙ БЕЗРЕФЛЕКСНЫЙ ОФТАЛЬМОСКОП

Цель работы: освоение объективных методов офтальмологии: офтальмоскопии в обратном виде и приборной рефрактометрии; ознакомление с принципами композиции настольных оптических офтальмологических приборов и оптических имитаторов глаза.

Задание для работы

1. Ознакомиться с назначением и техническими характеристиками прибора.
2. Освоить оптические схемы прибора при работе в режимах непрямого офтальмоскопа (далее – офтальмоскопа) и офтальмологического рефрактометра (далее – рефрактометра).
3. Ознакомиться с конструкцией прибора и составить блок-схему его устройства.
4. Подготовить прибор к работе в режиме офтальмоскопа и наблюдать глазное дно (офтальмоскопия в обратном виде).
5. Подготовить прибор к работе в режиме рефрактометра и исследовать аметропию глаз.
6. Оформить оптические схемы и провести анализ полученных результатов.

1. Назначение и технические характеристики прибора

Большой безрефлексный офтальмоскоп (далее – прибор БО-58) – это настольный оптический офтальмологический прибор, функционирующий в режимах офтальмоскопии или объективной рефрактометрии.

Осветительный канал имеет следующие технические характеристики:

Рабочая область спектра	400 ÷ 780 нм
Угол поворота осветителя	±90° от вертикали
Сменные световые фильтры	синий, зеленый, красный
Угловое поле прибора (глаз пациента-эметропа)	$2\omega = 30^\circ$
Компенсация аметропии глаза пациента	-15 ÷ +19 дптр
Компенсация аметропии глаза врача	-4 ÷ +4 дптр
Видимое увеличение при офтальмоскопии в обратном виде	+18 ^x ÷ +30 ^x

В осветительном канале предусмотрены три сменные апертурные диафрагмы (АД) и три сменные полевые диафрагмы (ПД).

Включение рефрактометрического узла позволяет объективно определять рефракцию корригирующей очковой линзы от $-15,5$ дптр до $+19$ дптр с точностью до $0,25$ дптр в различных меридиональных сечениях с отсчетом угла оси по градусной шкале ТАБО.

2.1. Оптическая система БО-58 в режиме офтальмоскопии

Оптическая система прибора, представленная на рис. 1.1, включает в себя осветительный и наблюдательный (передающий) каналы. Осветительный канал состоит из источника света 1, конденсора 2, откидного светового фильтра 3, щелевой (полевой) диафрагмы 4, прямоугольной призмы 5 и офтальмоскопического объектива 6.

Наблюдательный канал включает в себя офтальмоскопический объектив 6, апертурную диафрагму 7, репродукционный объектив 8, полевую диафрагму ПД и окуляр 9. Компоненты 7÷9 образуют микроскоп.

Можно видеть (см. рис. 1.1), что оба канала функционируют совместно с офтальмоскопическим объективом 6 и оптической системой глаза 10 пациента. Ниже рассматривается их работа в случае эмметропических глаз и пациента 10, и оператора.

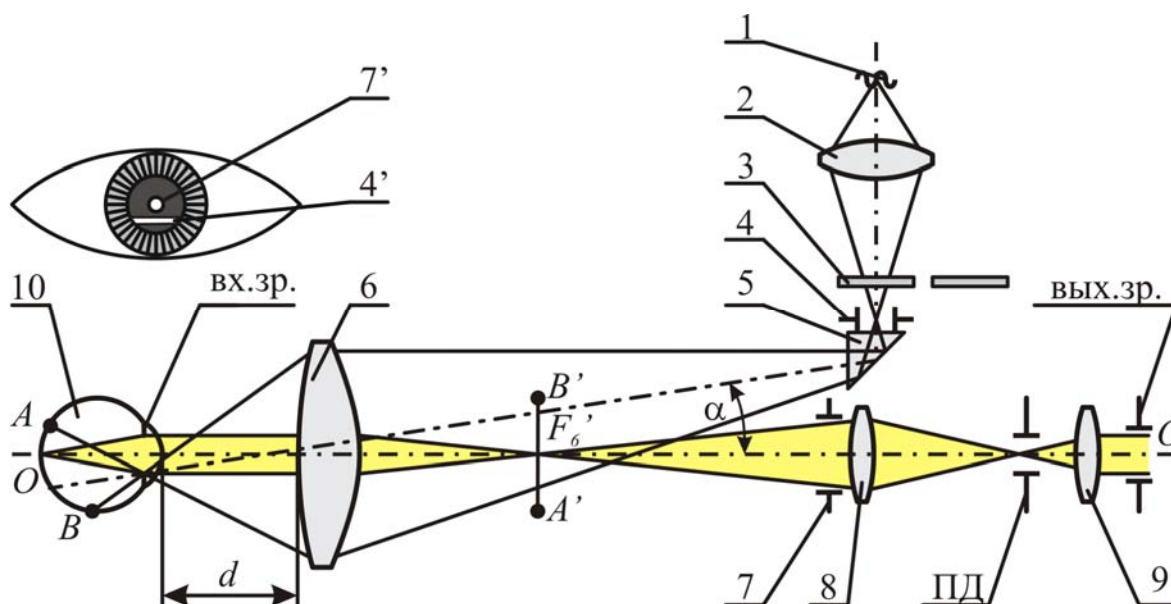


Рис. 1.1. Оптическая схема офтальмоскопии в обратном виде

Источник света 1 создает первичный световой поток. Его лучи проходят конденсор 2 и световой фильтр 3, формирующие изображение светящейся нити в плоскости щелевой диафрагмы 4. С помощью призмы 5 и офтальмоскопического объектива 6 изображение 4' диафрагмы 4 проецируется в плоскость зрачка глаза 10 эмметропа, причем оно смещено относительно оптической оси OO наблюдательного канала. Изображение 4' как вторичный источник освещает глазное дно пациента 10, образуя пятно засветки AB . Таким образом, оптическая система осветительного канала компоунется по схеме эпипроекции по Келлеру.

Глазное дно как диффузно отражающий экран формирует вторичный световой поток, направленный навстречу первичному. Максимум вторичного светового потока смещен в сторону ближней инфракрасной области спектра. Причина этого в том, что глазное дно «устранено» системой кровеносных сосудов. В результате зона AB глазного дна эмметропа 10 может рассматриваться как самосветящийся объект наблюдательного канала прибора.

Так как глаз 10 принадлежит эмметропу, его оптическая система формирует вторичный плоский волновой фронт. Та часть вторичного светового потока, которая проходит через апертурную диафрагму 7, участвует в образовании изображения зоны AB глазного дна в наблюдательном канале. Лучи, отраженные зоной AB глазного дна, падают параллельными пучками на офтальмоскопический объектив 6, который формирует в задней фокальной плоскости первое действительное перевернутое изображение $A'B'$. Объектив 8 микроскопа создает второе перевернутое изображение освещенной зоны глазного дна в плоскости полевой диафрагмы ПД, совмещенной с передней фокальной плоскостью окуляра 9. В результате, прямое изображение AB участка глазного дна рассматривается оператором. Полевая диафрагма ПД, оптически сопряженная с плоскостью изображений объектива 6, ограничивает поле зрения оператора.

Оптическая система «глаз пациента – наблюдательный канал» может быть классифицирована как микроскоп с тубусной линзой. Его объектив – рефракционная система глаза 10. В качестве тубусной линзы выступает композиция из офтальмоскопического объектива 6 и объектива 8 микроскопа. Изображение рассматривается через окуляр 9. Видимое увеличение $\bar{\Gamma}$ микроскопа 10 – 6 – 8 – 9 запишем в таком виде:

$$\bar{\Gamma} = -250 \cdot \Delta \cdot f'_6 / (f_{10} \cdot f'_8 \cdot f'_9), \quad (1.1)$$

где $f_{10} = -17.055$ [мм] – переднее фокусное расстояние оптической системы «редуцированный глаз»;

f'_6, f'_8, f'_9 – фокусные расстояния офтальмоскопического объектива 6 объектива 8 и окуляра 9, соответственно;

Δ – оптическая длина тубуса микроскопа $7 \div 9$.

В наблюдательном канале отсутствует зеркальное изображение диафрагмы 4 в передней поверхности роговицы глаза 10 как в зеркале. Это обеспечивается введением угла α взаимного наклона оптических осей обоих каналов. В результате, на зрачке глаза 10 происходит разделение пучков лучей, образующих первичный световой поток, и пучков лучей, формирующих вторичный световой поток (принцип Торнера). В оптической системе изображение $4'$ смещено в плоскости входного зрачка глаза 10 относительно участка зрачка, на котором

помещается изображение $7'$ апертурной диафрагмы 9 в обратном ходе лучей (см. рис. 1.1). Изображение $7'$ является входным зрачком наблюдательного канала системы $10, 6 \div 9$. Уменьшенные в четыре раза изображения щелевой диафрагмы $4'$ и апертурной диафрагмы $7'$ располагаются рядом. Такое расположение сохраняется лишь при небольших изменениях рабочего расстояния d , – важной технической характеристики прибора. Следует иметь в виду, что изображение $7'$ апертурной диафрагмы не видно на зрачке глаза 10 , в отличие от изображения $4'$ щелевой диафрагмы, которое видно отчетливо.

Если глаз 10 аметропический, то нарушится параллельность хода лучей выходящего вторичного светового потока и изображение участка AB глазного дна становится нерезким в поле зрения окуляра 9 . Тогда оператор устраняет нерезкость изображения, перемещая микроскоп $7 \div 9$ вдоль оптической оси OO .

2.2. Оптическая система прибора БО-58 при работе в режиме объективной рефрактометрии

Работа прибора в режиме объективной рефрактометрии позволяет определить заднюю вершинную рефракцию и астигматическую разность очковой линзы для данного пациента. Принципиальная оптическая схема измерения показана на рис. 1.2 для случая глаза 10 гиперметропа.

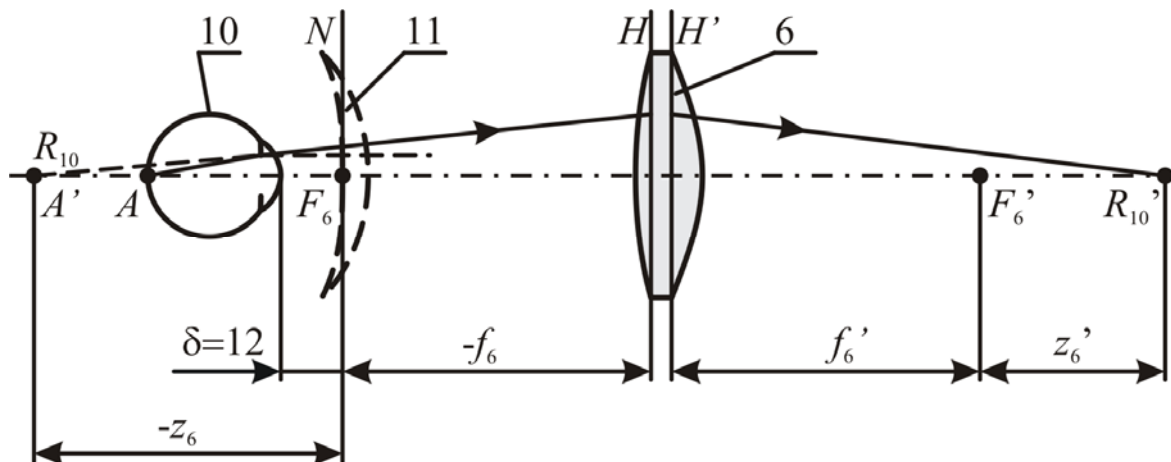


Рис. 1.2. Композиция принципиальной оптической схемы объективной рефрактометрии

Композиция схемы основана на трех моментах:

1. освещенный участок сетчатки глаза 10 изображается его оптической системой в плоскости, проходящей через дальнейшую точку R_{10} ясного видения глаза (покой аккомодации);
2. передний фокус F_6 офтальмоскопического объектива находится на расстоянии 12 мм от передней поверхности роговицы глаза 10 ;

3. в стандартизованной схеме очковой коррекции вершина задней поверхности очковой линзы 11 тоже находится на расстоянии $\delta=12$ мм от передней поверхности роговицы глаза 10.

Композиция прибора БО-58 в режиме рефрактометра позволяет определять величину задней вершинной рефракции $D'_{11} = 1/S'_{F'_{11}}$, очковой линзы. В схеме задний фокальный отрезок $S'_{F'_{11}}$ равен расстоянию z_6 от переднего фокуса F_6 офтальмоскопического объектива 6 до дальнейшей точки R_{10} ясного видения глаза 10 аметропа (в данном рассмотрении – гиперметропа).

Точка F_6 находится на расстоянии $\delta = 12$ мм от вершины роговицы глаза 10. Именно на таком расстоянии находится вершина задней поверхности очковой линзы 11, корригирующего аметропию глаза в стандартной схеме. Отрезок $-z_6$ [м] связан с задней вершинной рефракцией D'_{11} [дптр] корригирующей данную аметропию очковой линзы 11 соотношением:

$$D'_{11} = -1/z_6 . \quad (1.2)$$

В свою очередь, отрезки z_6 и z'_6 связаны формулой Ньютона:

$$-z_6 \cdot z'_6 = f_6'^2 , \quad (1.3)$$

где f_6' и z'_6 – заднее фокусное расстояние и задний отрезок офтальмоскопического объектива 6. Тогда из соотношений (1.2) и (1.3) вытекает следующая линейная зависимость:

$$D'_{11} = -1/z_6 = z'_6/f_6'^2 . \quad (1.4)$$

Таким образом, измерив отрезок z'_6 , определяют величину задней вершинной рефракции очковой линзы D'_{11} при $\delta=12$ мм (см. рис.1.2), используя линейную шкалу рефракций.

Очевидно, что точность определения задней вершинной рефракции D'_{11} очковой линзы зависит от точности, с которой измерены отрезки f_6' ($f_6' = 60,0$ мм) и z'_6 , и от того, насколько точно установлен офтальмоскопический объектив 6 по отношению к вершине роговицы глаза 10.

Принципиальная оптическая схема прибора в режиме рефрактометра (пациент и оператор – эметропы) показана на рис.1.3.

Осветительный канал прибора функционирует в том же режиме, что и при офтальмоскопии, освещая участок сетчатки AB . Однако, откидывающаяся диафрагма закрывает щелевую диафрагму 4, оставляя открытым лишь маленькое квадратное отверстие посередине. В этом случае имеет место безрефлексное изображение сетчатки глаза 10 в наблюдательном канале, то есть выполняется принцип Торнера. Осветительный блок 1 ÷ 5 жестко связан с рефрактометрической насадкой 14 и с индексом отсчетного устройства 12, 13.

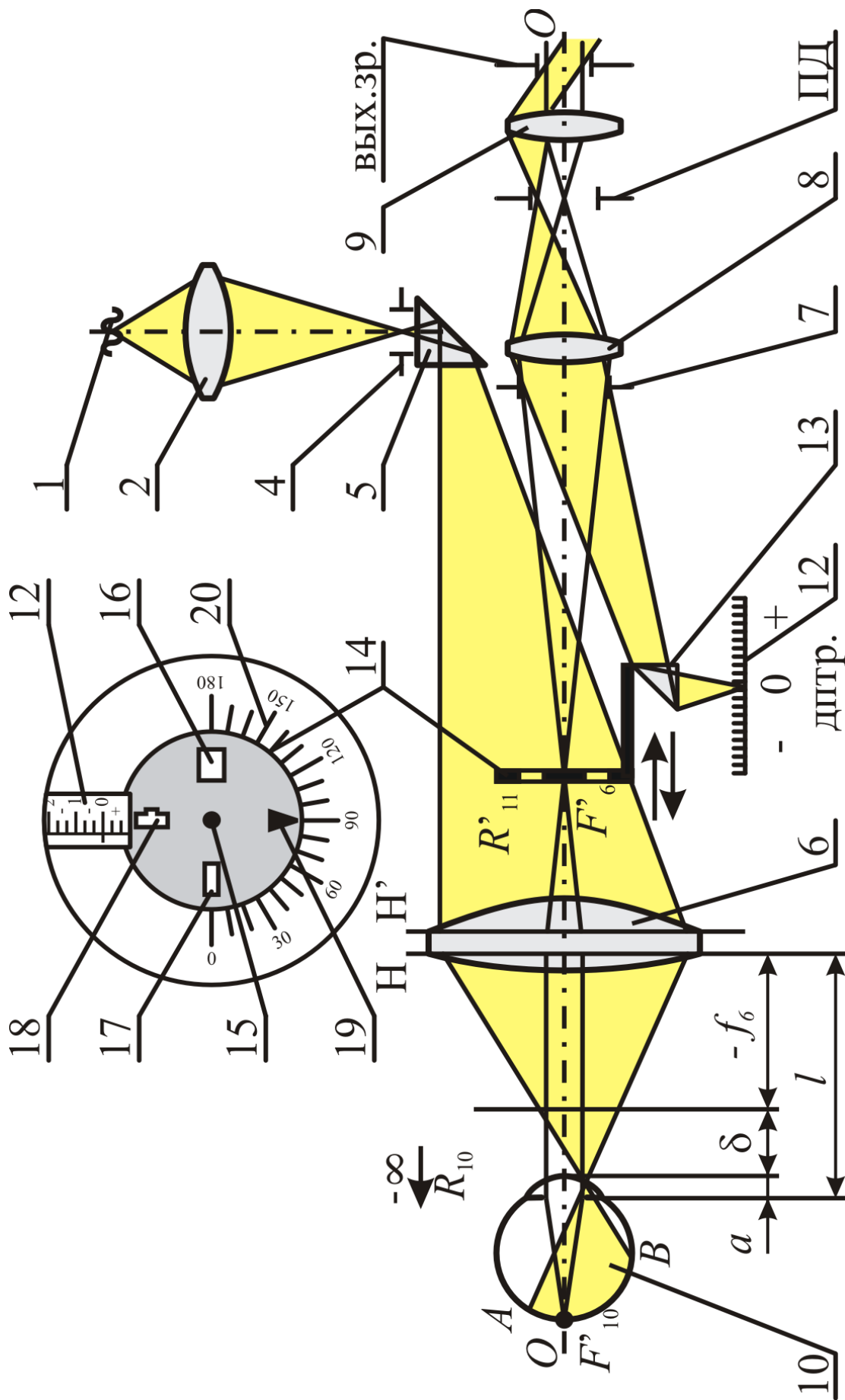


Рис. 1.3. Оптическая схема объективной рефрактометрии

Композиция оптической системы такова, что при получении на зрачке глаза 10 резкого, уменьшенного в 4 раза изображения диафрагмы 4 осветительного канала, отрезок δ становится равным точно 12 мм. Основным модулем, преобразующим офтальмоскоп в рефрактометр, является рефрактометрическая насадка. Она дополняет оптическую систему прибора откидной испытательной непрозрачной пластинкой 14 (далее – пластинкой) и отсчетным устройством 12, 13.

Пластинка 14 центрирована относительно оптической оси OO наблюдательного канала. Она может вращаться и перемещаться вдоль этой оси совместно с осветительным блоком 1 ÷ 5. Пластинка устанавливается между офтальмоскопическим объективом 6 и апертурной диафрагмой 7 в ходе лучей как осветительного, так и наблюдательного каналов.

Оператор наблюдает перевернутое изображение пластинки 14, изображение шкалы 12 диоптрий и индекса через окуляр 9. Он видит, что пластинка 14 имеет центральное отверстие 15, три сквозных отверстия 16, 17, 18 (окошки) и индекс 19 в форме треугольника (см. рис. 1.3). Центральная точка 15 предназначена для фиксации взора глаза 10 пациента. Три прямоугольных окошка 16, 17, 18 и индекс 19 расположены крестообразно. Окошки 16 и 17 являются метрологическими, а окошко 18 – установочным. При установке 180° по градусной шкале ТАБО 20 метрологические окошки 16 и 17 располагаются вертикально. Индекс 19 указывает на положение исследуемого главного меридионального сечения глаза 10. Он перемещается вокруг неподвижной градусной шкалы ТАБО 20 при совместном вращении системы 14, 1 ÷ 5 вокруг оси OO .

Отсчетное устройство включает в себя и шкалу 12, оцифрованную в диоптрийной мере, и прямоугольную призму 13. Призма 13 жестко связана с ползуном пластины 14 и индексом отсчета. Шкала 12 диоптрий неподвижна.

Таким образом, на рис. 1.3 показано поле зрения оператора в плоскости полевой диафрагмы ПД микроскопа 7÷9 при установке 90° по градусной шкале ТАБО.

Лучи света от осветителя 1 ÷ 5, образующие первичный световой поток, проходят через окошки 16, 17, 18, которые служат предметом для оптической системы «офтальмоскопический объектив 6 – глаз 10 пациента» (см. рис. 1.3).

При отсчете 0 [дптр] по шкале 12 пластинка 14 находится в передней фокальной плоскости офтальмоскопического объектива 6.

Когда пациент – эметроп, его дальнейшая точка R_{10} ясного видения удалена в бесконечность. Пациент фиксирует взор на точке 15, его аккомодационный аппарат расслабляется, то есть имеет место покой

аккомодации. Оптическая система 6, 10 формирует перевернутое изображение пластинки 14 точно на сетчатке глаза. Лучи, отраженные диффузно глазным дном, образуют за зрачком вторичный плоский волновой фронт, направленный навстречу первичному. Рефракционная система 10 глаза эмметропа переносит изображения окошек 16, 17, 18 и точки фиксации взора 15 на бесконечность (покой аккомодации). В случае, когда пластинка 14 находится точно в фокальной плоскости офтальмоскопического объектива 6, изображения окошек 16, 17, 18 совпадут с самими окошками. Оператор увидит в микроскоп 7÷9 полностью освещенные окошки 16, 17, 18. Такая картина считается стандартной. Оператор снимает отсчет по шкале 12, изображение которой также формируется в плоскости полевой диафрагмы ПД (см. рис. 1.3). В случае глаза эмметропа этот отсчет составит 0 [дптр].

Если за прибором исследуют глаз пациента – аметропа, пластинка 14 находится вне плоскости, проходящей через точку R'_{10} . При отсчете 0 [дптр] благодаря тому, что эта пластинка освещается наклоненными к оптической оси OO пучками лучей, идущими от осветителя, возникает смещение изображений окошек 16, 17, 18. Параллакс выражается в том, что контуры окошек-изображений окажутся несколько сдвинутыми относительно окошек самой пластинки 14. Характер наблюдаемой оператором теневой картины зависит от вида аметропии глаза 10 пациента: миопия, гиперметропия, правильный астигматизм различного вида и типа с прямыми или косыми осями. Картину в поле зрения оператора нужно привести к стандартной (в пределах технических характеристик прибора) синхронным поворотом осветительного блока 1 ÷ 5 и пластины 14, а также перемещением последней вдоль оптической оси OO наблюдательного канала прибора. Угол синхронного поворота осветительного блока 1 ÷ 5 и пластины 14 считывается в системе «шкала ТАБО 20 – индекс 19». На шкале 12 нанесены величины рефракции в диоптриях, которые соответствуют тому или иному положению пластинки 14 на оптической оси OO . Как следствие выбранной композиции оптической системы наблюдательного канала справедливо равенство (1.4), соответственно шкала 12 линейна. Призма отсчетного устройства 13 переносит изображение шкалы 12 в плоскость полевой диафрагмы ПД наблюдательного канала (см. рис. 1.3).

3. Конструкция прибора БО-58

Офтальмоскоп, представленный на рис. 1.4, состоит из оптической головки 21, смонтированной на координатном столе 22, лицевого установа 23 и блока питания 24 (не показан). Лицевой установ 23 крепится к краю приборного стола 25. Координатный стол 22 располагается на столе 25.

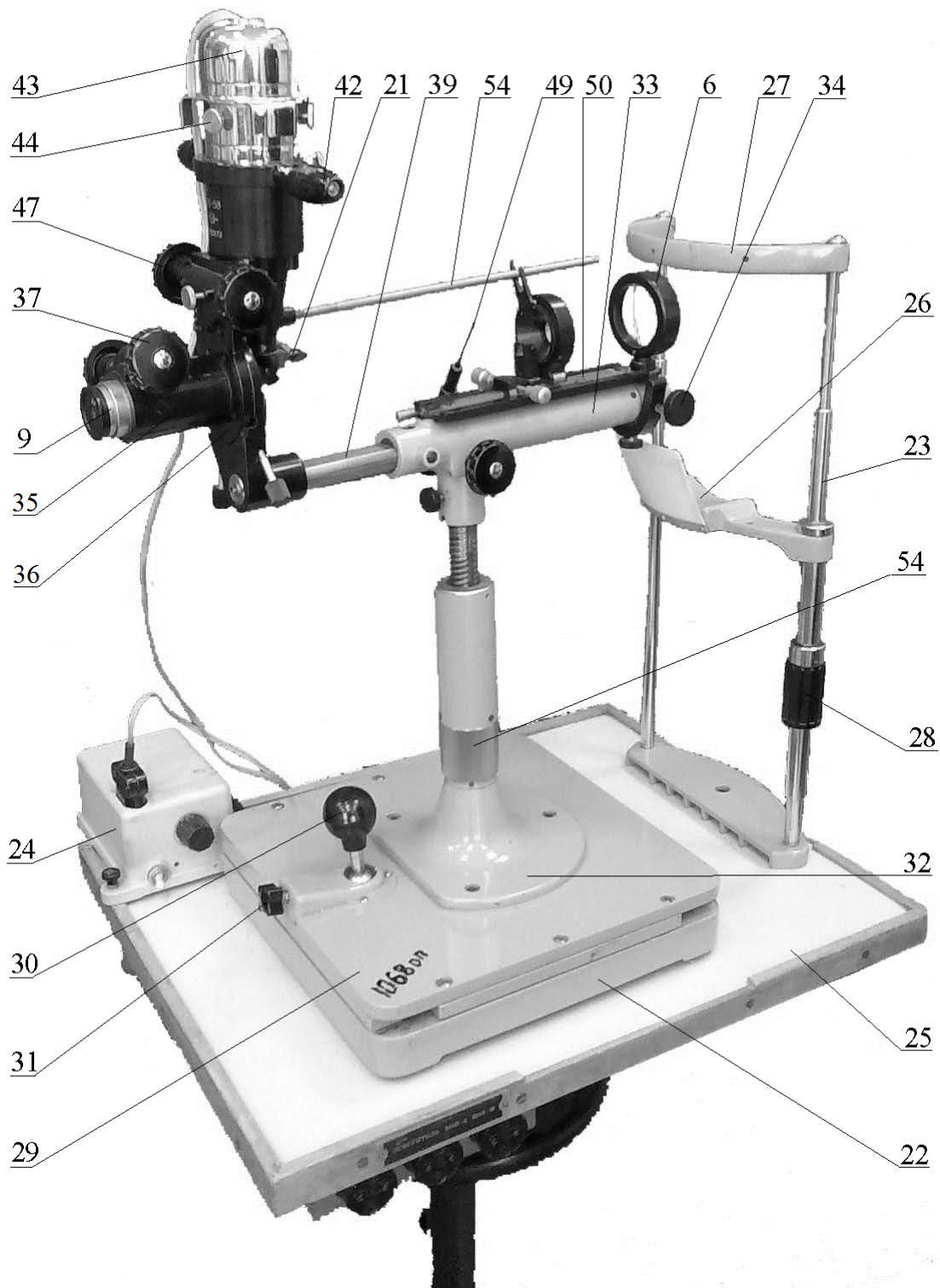


Рис. 1.4. Офтальмоскоп БО-58

Лицевой установ 23 состоит из подбородника 26 и налобника 27, смонтированных на двух вертикальных стойках. Подбородник можно перемещать по стойкам в вертикальном направлении, вращая обойму 28.

На лицевом установе 23 могут быть закреплены узлы: фиксации точки и подручника.

Верхнее плато 29 координатного стола 22 перемещается относительно его основания в двух взаимно перпендикулярных направлениях рукояткой 30. Винт 31 служит для фиксации подвижной части координатного стола.

Устройство оптической головки показано на рис. 1.4 и 1.5. К верхнему плато координатного стола крепится винтами основание 32 вертикальной стойки. На эту стойку надевается и жестко крепится винтом-стопором горизонтальный кронштейн 33. На одном конце кронштейна 33, на стержне, закреплена оправа с офтальмоскопическим объективом 6. Для ориентации объектива 6 на горизонтальном кронштейне 33 имеется винт, который входит в вырез на стержне этого объектива. Хвостовик оправы объектива 6 фиксируется стопорным винтом 34.

К противоположному торцу горизонтального кронштейна 33 прикреплен вертикальный кронштейн 35 с тубусом 36 микроскопа. Оправа окуляра 9 вставляется в тубус 36. Наводка на резкость видения сетки производится смещением оправы с окуляром 9 вдоль оптической оси. Весь микроскоп наводится на резкость при вращении рукояток 37.

В револьверном диске 38 (см. рис. 1.5) имеются три сменные апертурные диафрагмы, включаемые в ход лучей наблюдательного канала при его поворотах. Совмещение центра любой из них с оптической осью наблюдательного канала фиксируется защелкой.

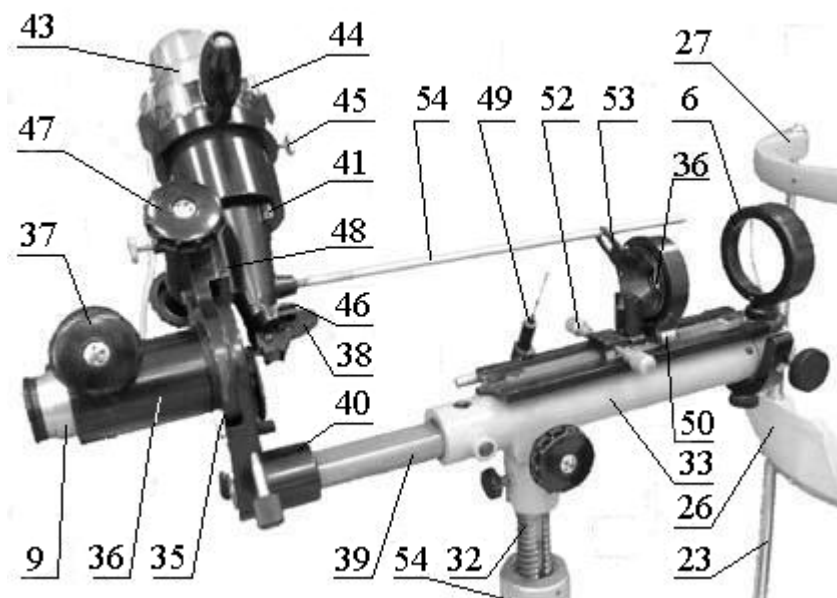


Рис. 1.5. Оптическая головка прибора БО-58

Внутри горизонтального кронштейна 33 расположена штанга 39. На конце этой штанги крепится кронштейн 40 с корпусом 41 осветителя. Осветитель можно повернуть вокруг оси штанги 39, а затем закрепить в

любом положении, в пределах $\pm 90^\circ$ от вертикали. Повороты осветителя производятся с помощью двух рукояток 42 при ослабленном фиксационном винте. Осветитель состоит из патрона с электрической лампой 43 (6 В, 25 Вт, питающейся от сети переменного тока через понижающий трансформатор) в защитном кожухе. Три винта 44 предусмотрены для центрировки нити лампы. Осветитель вставлен в корпус 41 и может перемещаться в нем вверх и вниз. Винтом 45 осветитель закрепляется в нужном положении.

В нижней части осветителя помещен револьверный диск 46 со сменными полевыми диафрагмами 4. В режиме офтальмоскопии полевая диафрагма осветителя имеет форму щели, а в режиме рефрактометрии – форму квадрата. Ниже, по ходу лучей, установлен револьверный диск со светофильтрами. Смена светофильтров производится вращением диска, причем каждое положение фиксируется пружинной защелкой.

Изменение расположения осветительного канала относительно оптической оси наблюдательного канала осуществляется вращением рукоятки 47. Расстояние от оси наблюдательного канала до центра полевой диафрагмы 4 осветителя в миллиметрах отсчитывается по шкале 48.

Прибор снабжен приспособлением для фиксации взора пациента. Оно включает в себя иглу 49, вручную перемещаемую вдоль направляющей.

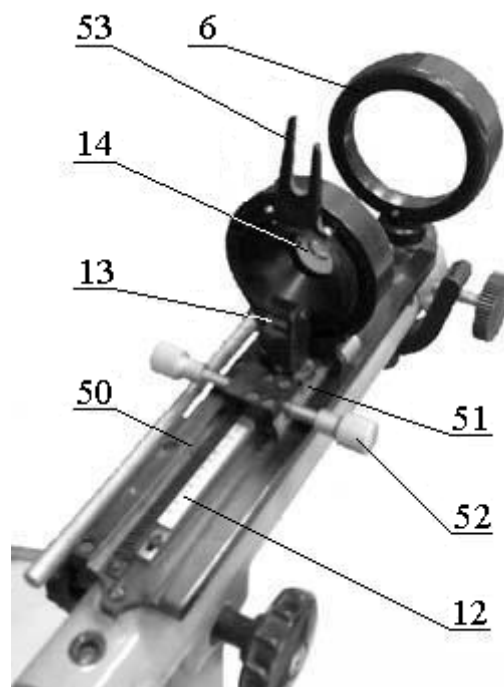


Рис. 1.6. Рефрактометрический узел

Откидной рефрактометрический узел показан на рис. 1.5 и 1.6. Он состоит из основания 50, по которому в направляющих может перемещаться корпус 51 с возможностью фиксации при подключении данной насадки. Перемещение корпуса осуществляется вращением

кремальеры 52. Внутри корпуса 51 смонтирована в шарикоподшипнике гильза с хвостовиком 53. В вырез хвостовика 53 входит направляющая ось 54, обеспечивающая синхронный поворот гильзы с хвостовиком 53 и осветителя 41÷48. Внутри гильзы закреплена пластинка 14.

На торец корпуса 51, со стороны микроскопа, нанесена градусная шкала ТАБО. В режиме рефрактометрии изображение этой шкалы должно находиться в центре поля зрения окуляра 9.

На основании 50 предусмотрена шкала 12 диоптрий, изображение которой с помощью призмы 13 также переносится в поле зрения окуляра 9.

4. Офтальмоскопия в обратном виде

4.1. Подготовка прибора БО-58 к работе в режиме офтальмоскопа

4.1.1. Для работы за прибором необходимо затемнить помещение.

4.1.2. Включить вилку в розетку электросети. Установить осветитель в вертикальное положение, держась за рукоятки 42. Откинуть рефрактометрический узел 51 ÷54, выведя его из хода лучей.

4.1.3. Проконтролировать правильность настройки осветительной системы. Для этого необходимо проверить совпадение штриха на штанге со срезом кронштейна 33. Вращением рукоятки 47 установить отсчет «0» по шкале 48. Установить свободное отверстие на револьверных дисках 46.

Установить окуляр 9 на резкое видение сетки. Перед офтальмоскопическим объективом 6 ввести лист белой бумаги (экран) и, наблюдая в окуляр 9, поворачивать последний до тех пор, пока сетка станет отчетливо видна. На экране должно наблюдаться резкое горизонтальное изображение спирали лампы.

4.1.4. Если изображение спирали расфокусировано, то необходимо провести настройку осветительной системы. Этот пункт работы выполняется при непосредственном контроле преподавателя.

Ослабив фиксационный винт, смещать патрон с лампой 43 осветителя вдоль и разворачивать его вокруг вертикальной оси. Добиться получения резкого горизонтального изображения спирали лампы на экране. Зафиксировать патрон с лампой винтом 45.

Центрировать изображение спирали относительно оправы офтальмоскопического объектива 6 винтами 44, фиксировать патрон винтом 45 (см. рис. 1.5).

Смещая осветитель 41 вдоль его оптической оси рукояткой 47 при ослабленном фиксационном винте и без вращения вокруг вертикальной оси, получить равномерно освещенное поле в плоскости экрана. Закрепить

осветитель 41 в этом положении с помощью фиксационного винта и убрать экран.

4.1.5. Установить в ход лучей полевую диафрагму 4 в форме щели на револьверном диске 46. Установить отсчет «5» по шкале 48, что соответствует смещению центра полевой (щелевой) диафрагмы 4 осветителя относительно оптической оси наблюдательного канала на 5 мм.

4.1.6. Проконтролировать, наблюдая в окуляр 9, точность установки офтальмоскопического объектива 6 в наблюдательном канале: два изображения щелевой диафрагмы в передней и задней поверхностях офтальмоскопического объектива как в зеркалах (два световых блика в форме щели) должны располагаться на общей вертикали в поле зрения окуляра 9.

В противном случае произвести настройку следующим образом. Ослабив фиксационный винт 34, разворачивать оправу с офтальмоскопическим объективом 6 до получения требуемого расположения бликов. Зажать фиксационный винт 34.

4.1.7. Перевести осветитель в горизонтальное положение. Офтальмоскопия проводится при горизонтальном положении осветительного блока, отсчет по шкале 48 – «5».

4.2. Наблюдение глазного дна имитатора глаза

4.2.1. Закрепить имитатор глаза фирмы “*Opton*” на лицевом установе 23, примерно напротив офтальмоскопического объектива 6. Установить на имитаторе диаметр зрачка 6 мм и аметропию по указанию преподавателя.

4.2.2. С помощью рукоятки 30 координатного столика и гайки 54 перемещать оптическую головку прибора в продольном, поперечном направлениях и по высоте соответственно до тех пор, пока на краю зрачка имитатора не получится резкое изображение щелевой диафрагмы. Подсветить наблюдательный канал со стороны окуляра 9. В зависимости от величины зрачка имитатора включить одну из трех апертурных диафрагм 7 на револьверном диске 38 и наблюдать в зоне зрачка имитатора картину, похожую на рис. 1.7. Чем больше зрачок, тем большего размера апертурной диафрагмой можно пользоваться. Изображение этой диафрагмы, не видимое на зрачке, и изображение щелевой диафрагмы должны расположиться в плоскости зрачка, как показано на рис. 1.7. Если зрачок имитатора большой, то установку можно произвести так, как показано на рис. 1.7 б (изображение апертурной диафрагмы 7 у края зрачка). Если же зрачок маленький, то установку следует делать так, как показано на рис. 1.7 а.

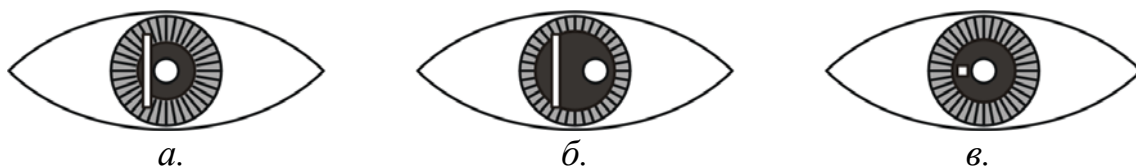


Рис. 1.7. Реализация принципа Торнера

4.2.3. Подсветив наблюдательный канал через окуляр 9, наблюдать возможные расположения изображений апертурной диафрагмы 7 наблюдательного канала и полевой (щелевой) диафрагмы 4 осветительного канала при разных значениях диаметра входного зрачка имитатора глаза. Наиболее благоприятные условия для исследования имеют место, когда изображение апертурной диафрагмы 7 наблюдательного канала располагается в центре зрачка имитатора (или глаза).

4.2.4. Добиться резкого изображения глазного дна через наблюдательный канал, вращая маховики 37 и компенсируя тем самым аметропию имитатора глаза. Наблюдать в окуляр 9 глазное дно имитатора глаза. При необходимости произвести подвижки оптической головки прибора или осветителя по высоте. Зарисовать наблюдаемую картину.

4.2.5. Оформить примененную оптическую схему, как показано на рис. 1.1.

4.2.6. Снять имитатор глаза с лицевого установа.

4.3. Наблюдение глазного дна пациента

4.3.1. Лицевой установ протереть ваткой, смоченной в 3%-ном растворе перекиси водорода.

4.3.2. Усадить пациента за прибор. Отрегулировать лицевой установ 23 в соответствии с антропометрическими параметрами пациента.

4.3.3. В зависимости от величины зрачка глаза включить одну из трех апертурных диафрагм 7 на диске 38. Чем больше зрачок, тем большей диафрагмой можно пользоваться. Изображение этой диафрагмы, не видимое на зрачке, и изображение полевой (щелевой) диафрагмы 4 осветителя должны располагаться на зрачке (см. рис. 1.7).

4.3.4. При правильном расположении изображения полевой (щелевой) диафрагмы 4 на зрачке глаза пациента оператор увидит изображение его глазного дна, наблюдая в окуляр 9 микроскопа. Если в поле зрения микроскопа видны темные или цветные пятна, следует произвести небольшие подвижки оптической головки прибора или переместить осветитель по высоте.

Чтобы увидеть определенное место глазного дна, пользуются изменением направления взора пациента. Для этого, переставляя конец иглы 49 фиксации взора и предлагая пациенту глядеть на него, оператор устанавливает исследуемый глаз в нужном ему положении. Зарисовать наблюдаемую картину.

4.3.5. Используя данные о степени аметропии глаза пациента, оформить примененную оптическую схему по типу рис. 1.1.

4.3.6. Поменяться местами и повторить исследование по п. 4.3.1 ÷ 4.3.5.

5. Приборная рефрактометрия

5.1. Подготовка прибора БО-58 к работе в режиме рефрактометра

5.1.1. Ввести рефрактометрический узел 51÷54 в наблюдательный канал прибора. Установить рефрактометрический узел в положение «0 дптр» по шкале 12, вращая кремальеру 52 (см. рис. 1.4÷÷1.6).

5.1.2. Установить осветитель в вертикальное положение.

5.1.3. Установить апертурную диафрагму 7 среднего размера на револьверном диске 38.

5.1.4. Ввести полевую диафрагму 4 в форме квадрата на револьверном диске 46 в осветительном канале (см. рис 1.7 в).

5.1.5. Проверить совпадение штриха на выдвигающейся горизонтальной штанге со срезом горизонтального кронштейна 33 (см. рис.1.5).

5.1.6. Проверить центрировку лампы 43 осветителя. Для этого установить рефрактометрический узел 51÷54 в положение «0 дптр» по шкале 12, вращая кремальеру 52. Приложить лист белой бумаги к оправе офтальмоскопического объектива 6. Если на листе бумаги как на экране не наблюдается равномерно освещенного поля, то произвести под контролем преподавателя юстировку лампы, как описано в п. 4.1.4.

Если требования к композиции системы выполняются, то на экране (лист белой бумаги), установленном в плоскости зрачка глаза пациента, появится изображение полевой диафрагмы 4 в виде квадрата (см. рис. 1.7 в). Убрать диффузно отражающий экран.

5.1.7. Перевести совместно осветитель 43, направляющую ось 54 и пластинку 14 в горизонтальное положение (отсчет 0° по шкале 19 ТАБО).

5.1.8. Добиться резкого изображения шкалы 12, пластинки 14 и шкалы 20 ТАБО при наблюдении в окуляр 9, вращая маховики 37.

5.2. Измерение величины задней вершинной рефракции очкового стекла при помощи фантома глаза

5.2.1. Закрепить фантом глаза на лицевом установе 23 прибора.

5.2.2. Перемещая с помощью рукоятки 30 оптическую головку прибора в продольном и поперечном направлениях, и по высоте (с помощью гайки 54), получить на левом от оператора краю зрачка фантома резкое изображение полевой диафрагмы осветительного канала (квадрат, см. рис. 1.7 в).

5.2.3. Наблюдая в окуляр 9, проверить резкость окошек пластинки 14, вращая маховики 37.

5.2.4. Подготовить таблицу по типу табл. 1.1.

Таблица 1.1. Протокол исследования аметропии.

Исследуемая система	степень аметропии [дптр]			правильный астигматизм	
	эм-метропия	миопия	гипер-метропия	угол оси	A_S [дптр]
1	2	3	4	5	6
имитатор					
правый глаз (<i>OD</i>)					
левый глаз (<i>OS</i>)					

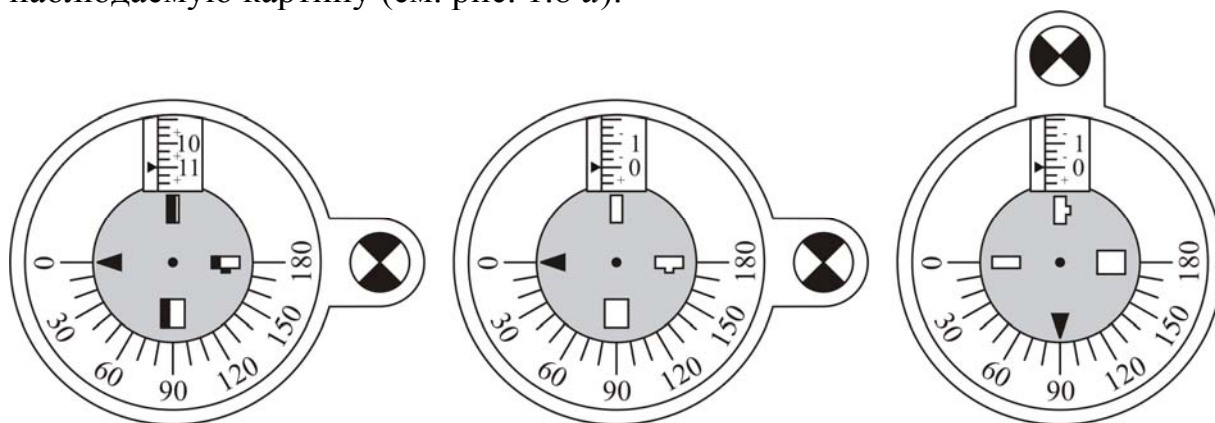
5.2.5. Измерить заднюю вершинную рефракцию очковой линзы при различных случаях аметропии. Заполнить таблицу 1.1.

Для исключения влияния аккомодации исследуемого глаза на результат измерений пластинку 14 перемещают первоначально от офтальмоскопического объектива 6, в область высоких положительных диоптрий по шкале 12, наблюдая в окуляр 9 и вращая кремальеру 52. При исследовании аметропии с помощью фантома общий порядок сохранен.

Вид аметропии – эметропия

Установить по шкале диоптрий имитатора глаза отсчет «0 дптр».

Переместить рефрактометрический узел 51÷54 от офтальмоскопического объектива, до отсчета +15 дптр по шкале 12 диоптрий, наблюдая в окуляр 9 и вращая кремальеру 52. Зарисовать наблюдаемую картину (см. рис. 1.8 а).



а. начальное положение б. снятие отсчета в. отсутствие астигматизма

Рис. 1.8. Эметропия

Медленно перемещать рефрактометрический узел из области высоких положительных диоптрий, в сторону офтальмоскопического объектива 6, вращая кремальеру 52 и наблюдая в окуляр 9. Фиксировать положение

кремальеры 52 по шкале 12 диоптрий, когда картина в поле зрения окуляра придет в соответствие со стандартной, то есть когда тени в окошках отсутствуют (рис. 1.8 б). Зарисовать полученную картину и снять отсчет.

При отсутствии правильного астигматизма в окошках нет тени при любом направлении исследуемого меридиана (рис.1.8 в). Меридиан задается расположением осветителя.

Вид аметропии – миопия

Установить по шкале диоптрий фантома отсчет по указанию преподавателя (например, степень миопии -4 дптр).

Исследовать аметропию по расположению теней в окошках 16÷18 пластинки 14.

При миопии видимая картина соответствует рис. 1.9.

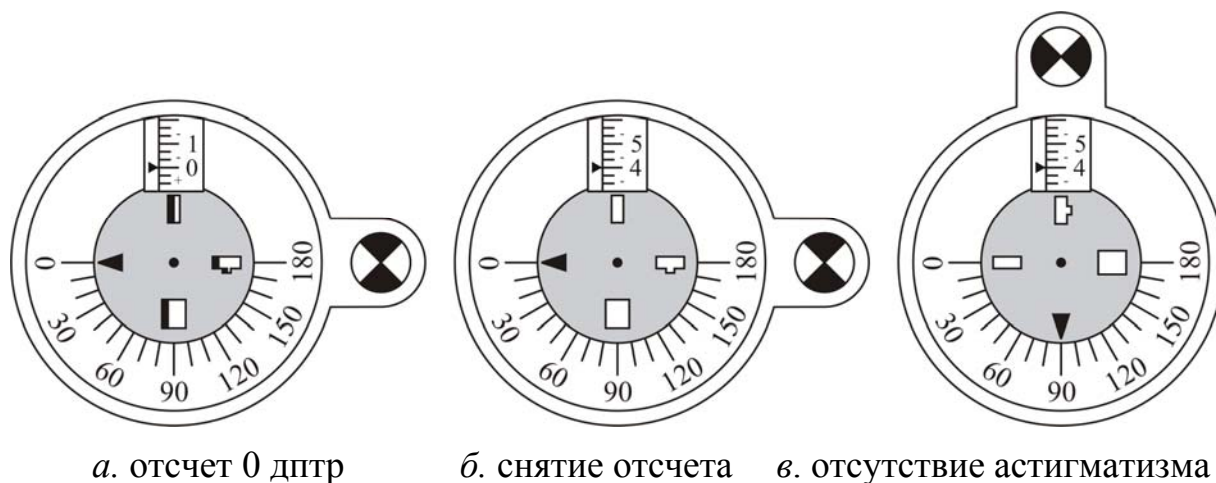


Рис.1.9. Миопия

При отсчете «0 дптр» по шкале 12 диоптрий тени в окошках расположены со стороны, противоположной осветителю. Зарисовать наблюдаемую картину при отсчете «0 дптр». Для измерения величины задней вершинной рефракции перемещать рефрактометрический узел в сторону офтальмоскопического объектива 6 (рис. 1.9 а) в область отрицательных значений по шкале 12 диоптрий, наблюдая в окуляр 9 и вращая кремальеру 52. В момент исчезновения теней снять отсчет по шкале 12 диоптрий (рис. 1.9 б).

При отсутствии правильного астигматизма в окошках 16÷18 нет тени при любом направлении исследуемого меридиана (рис.1.9 в).

Вид аметропии – гиперметропия

Установить по шкале диоптрий фантома отсчет по указанию преподавателя (например, степень гиперметропии +3 дптр).

При гиперметропии видимая картина соответствует рис. 1.10. При отсчете «0 дптр» по шкале 12 диоптрий (рис. 1.10 а) тени в окошках пластинки 14 расположены со стороны осветителя. Зарисовать

наблюдаемую картину при отсчете «0 дптр» по шкале 12 диоптрий. Переместить рефрактометрический узел от офтальмоскопического объектива, до отсчета +15 дптр по шкале 12 диоптрий, вращая кремальеру 52. Для измерения величины задней вершинной рефракции медленно перемещать рефрактометрический узел в сторону офтальмоскопического объектива 6, наблюдая в окуляр 9 и вращая кремальеру 52 (рис. 1.10 а). В момент исчезновения теней в окошках пластинки 14 снять отсчет (рис. 1.10 б).

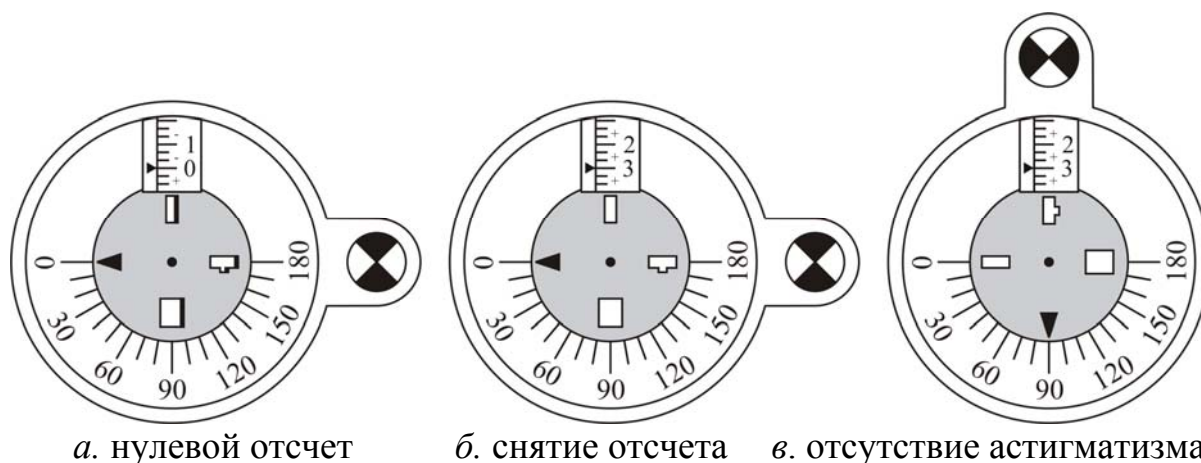


Рис. 1.10. Гиперметропия

При отсутствии правильного астигматизма в окошках нет тени при любом направлении исследуемого меридиана (рис.1.10 в).

Вид аметропии – правильный астигматизм с прямыми осями

Установить по шкале диоптрий фантома отсчет по указанию преподавателя (например, степень миопии -3 дптр).

Установить в оправу фантома астигматическую пробную линзу (астигматическая разность -2 дптр, отсчет по шкале ТАБО имитатора 90°).

Установить отсчет 0° по шкале 20 ТАБО прибора. Исследовать аметропию во втором главном меридиане фантома по расположению теней, как было рекомендовано выше. Для этого переместить рефрактометрический узел от офтальмоскопического объектива 6, до отсчета +15 дптр по шкале диоптрий 12, наблюдая в окуляр 9, и вращая кремальеру 52.

Затем рефрактометрический узел медленно перемещать в сторону офтальмоскопического объектива 6 (рис. 1.8 а), наблюдая в окуляр 9 и вращая кремальеру 52. В момент исчезновения теней в окошках пластинки 14 снять отсчет. (рис. 1.11 а). Зарисовать наблюдаемую картину. В рассматриваемом примере зарисованная картина соответствует рис. 1.11 а.

Установить отсчет 90° по шкале 19 ТАБО на рефрактометрическом узле прибора, синхронно вращая осветитель, направляющую 54 и пластинку 14. При этом в установочном окошке 18 и метрологических окошках 16, 17 появятся тени (рис. 1.11 б).

Исследовать по расположению теней аметропию в первом главном меридиане фантома, как рекомендовано выше. В рассматриваемом примере зарисованная картина соответствует рис. 1.11 в. В соответствии с формулой астигматической разности: $A_s = A_{R_{\max}} - A_{R_{\min}}$, при $A_{R_{\max}} = -3 \text{ дптр}$ и $A_s = -2 \text{ дптр}$ определяем значение $A_{R_{\min}} = -1 \text{ дптр}$.

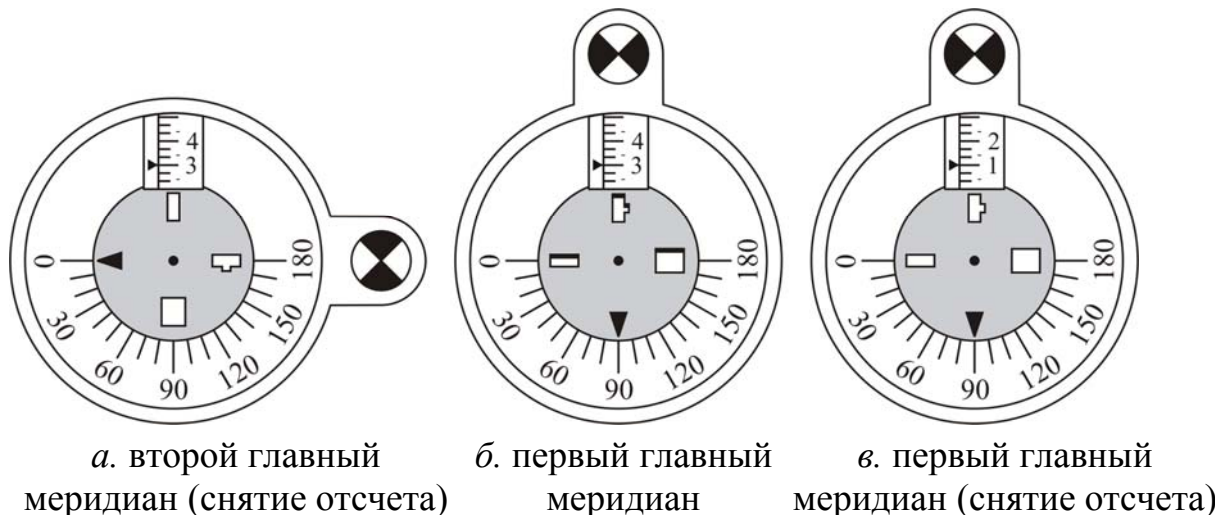


Рис. 1.11. Правильный астигматизм с прямыми осями

Вид аметропии – правильный астигматизм с косыми осями

Установить по шкале диоптрий фантома отсчет по указанию преподавателя (например, степень миопии -3 дптр).

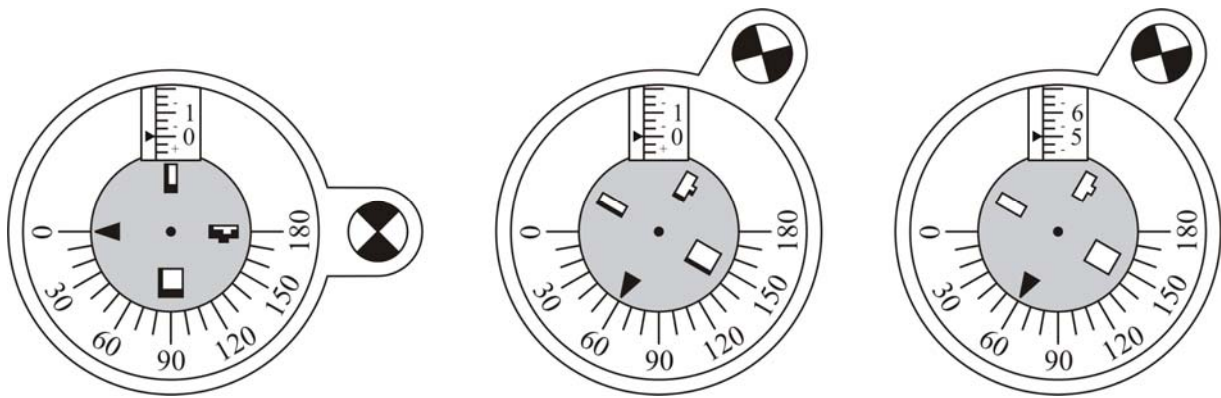
Установить астигматическую пробную линзу (астигматическая разность +2 дптр, отсчет по шкале ТАБО фантома 150°) в оправу фантома.

Установить отсчет 0° по шкале ТАБО 20 рефрактометрического узла. Наблюдая в окуляр 9 и вращая кремальеру 52, установить рефрактометрический узел по шкале 12 диоптрий в положение «0 дптр». Зарисовать наблюдаемую в окуляр 9 картину (рис. 1.12 а).

Поворачивать осветитель, направляющую ось 54 и пластинку 14 синхронно до момента исчезновения Г – образной тени в установочном окошке 18 (угол оси 60°). Зарисовать наблюдаемую картину (рис. 12 б).

Исследовать аметропию в первом главном меридиане фантома по расположению теней в метрологических окошках 16, 17 и в установочном окошке 18 пластинки 14, как рекомендовано выше. Рассматриваемый пример соответствует рис. 1.12 б, в.

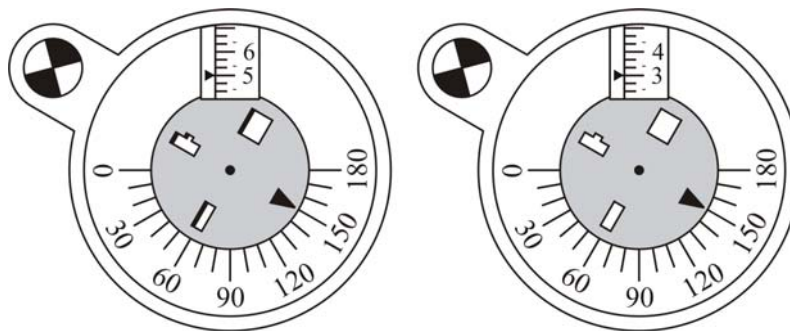
Повернуть осветитель 43, направляющую ось 54 и пластинку 14 синхронно на угол 90° (угол оси 150°). Зарисовать наблюдаемую в окуляр 9 17 картину (рис. 1.12 з).



а. нулевой отсчет

б. первый главный меридиан

в. первый главный меридиан (снятие отсчета)



г. второй главный меридиан

д. второй главный меридиан (снятие отсчета)

Рис. 1.12. Правильный астигматизм с косыми осями

Исследовать аметропию во втором главном меридиане фантома по расположению теней в метрологических окошках 16, 17 и в установочном окошке 18 пластинки 14, как рекомендовано выше. В рассматриваемом случае наблюдаемая оператором картина соответствует рис. 1.12 г, д.

Рассчитать астигматическую разность A_s . Заполнить таблицу 1.1.

5.2.6. Зарисовать принципиальную оптическую схему, примененную при измерениях задней вершинной рефракции очковой линзы и схему с фантомом по указанию преподавателя.

5.3. Измерение величины задней вершинной рефракции очковой линзы для глаза пациента

5.3.1. Протереть лицевой установ 3%-ным раствором перекиси водорода.

5.3.2. Отрегулировать механизм подбородника и налобника так, чтобы пациент располагался в удобном для него положении. Предложить пациенту смотреть на красную фиксационную точку 15 в центре пластинки 14. Перемещая оптическую головку прибора в продольном, поперечном направлениях и по высоте, получить на левом от оператора краю зрачка глаза пациента резкое изображение щелевой диафрагмы.

5.3.3. Меняясь местами, измерить заднюю вершинную рефракцию очковых линз друг друга по освоенной методике, заполняя таблицу 1.1.

5.3.4. Оформить примененную оптическую схему измерения задней вершинной рефракции (наблюдательный канал), как показано в следующих примерах.

Пример 1. Результаты объективной рефрактометрии показали, что правый глаз пациента (*OD*) имеет гиперметропию, степень +2 дптр. Это значит, что дальнейшая точка R_{10} ясного видения глаза *OD* находится на расстоянии $z_6 = -1000/2 + 12 = -488$ мм, так как $\delta = 12$ мм. Тогда: $z'_6 = -f_6'^2 / z_6 = -3600 / (-488) = 7,38$ мм. Принципиальная оптическая схема измерений показана на рис. 1.13.

Пример 2. Результаты объективной рефрактометрии показали, что правый глаз пациента (*OD*) имеет миопию, степень -2 дптр. Это значит, что дальнейшая точка R_{10} ясного видения глаза *OD* находится на расстоянии $z_6 = 1000/2 + 12 = 512$ мм, Тогда $z'_6 = -f_6'^2 / z_6 = -3600 / 512 = -7,03$ мм. Принципиальная оптическая схема измерений показана на рис. 1.14.

Пример 3. Результаты объективной рефрактометрии показали, что правый глаз пациента (*OD*) имеет правильный астигматизм простого вида, прямого типа, с прямыми осями, угол оси - 0^0 , $D_{smax} = 0$ дптр, астигматическая разность $D_{smax} - D_{smin} = -2$ дптр. Это значит, что в первом главном меридиане дальнейшая точка R_{10} ясного видения глаза *OD* находится в бесконечности: расстоянии $a_{R10} = -\infty$. Во втором главном меридиане дальнейшая точка R_{10} ясного видения глаза *OD* находится на расстоянии $a_{R10} = -1000/2 = -500$ мм. В этом случае принципиальная оптическая схема в первом главном меридиане глаза соответствует рис. 1.1, а во втором главном меридиане рис. 1.13.

Содержание отчета

1. Назначение большого безрефлексного офтальмоскопа БО-58.
2. Оптические схемы в режиме офтальмоскопии и объективной рефрактометрии, примененные в исследованиях.
3. Результаты исследований в виде таблицы по типу табл. 1.1 и рисунков теневых картин.
4. Блок-схема устройства и технические характеристики прибора при работе в двух режимах.
5. Рисунок глазного дна, наблюдаемого в режиме офтальмоскопии в обратном виде. Блок-схема методики.
6. Блок-схема методики исследования задней вершинной рефракции стигматических и астигматических очковых линз с рисунками теневых картин для всех видов аметропии и правильного астигматизма.
7. Выводы по лабораторной работе.

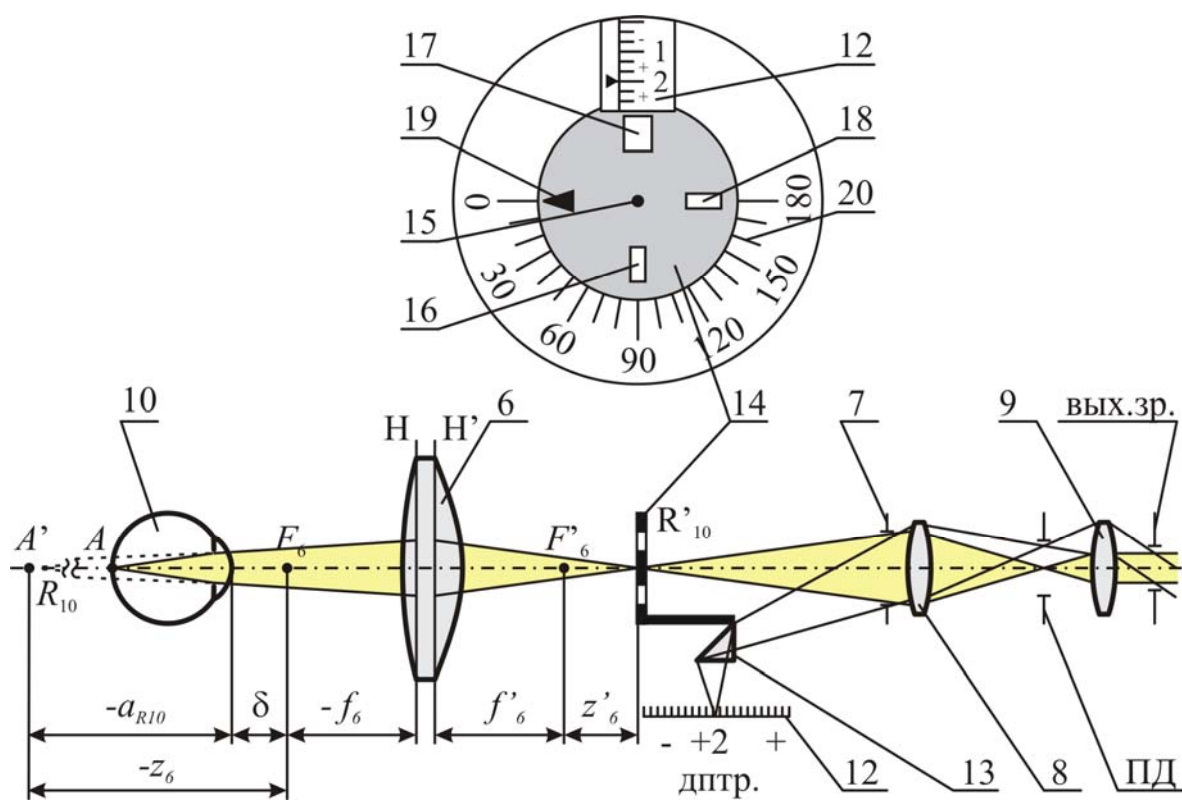


Рис. 1.13. Оптическая схема исследования гиперметропии

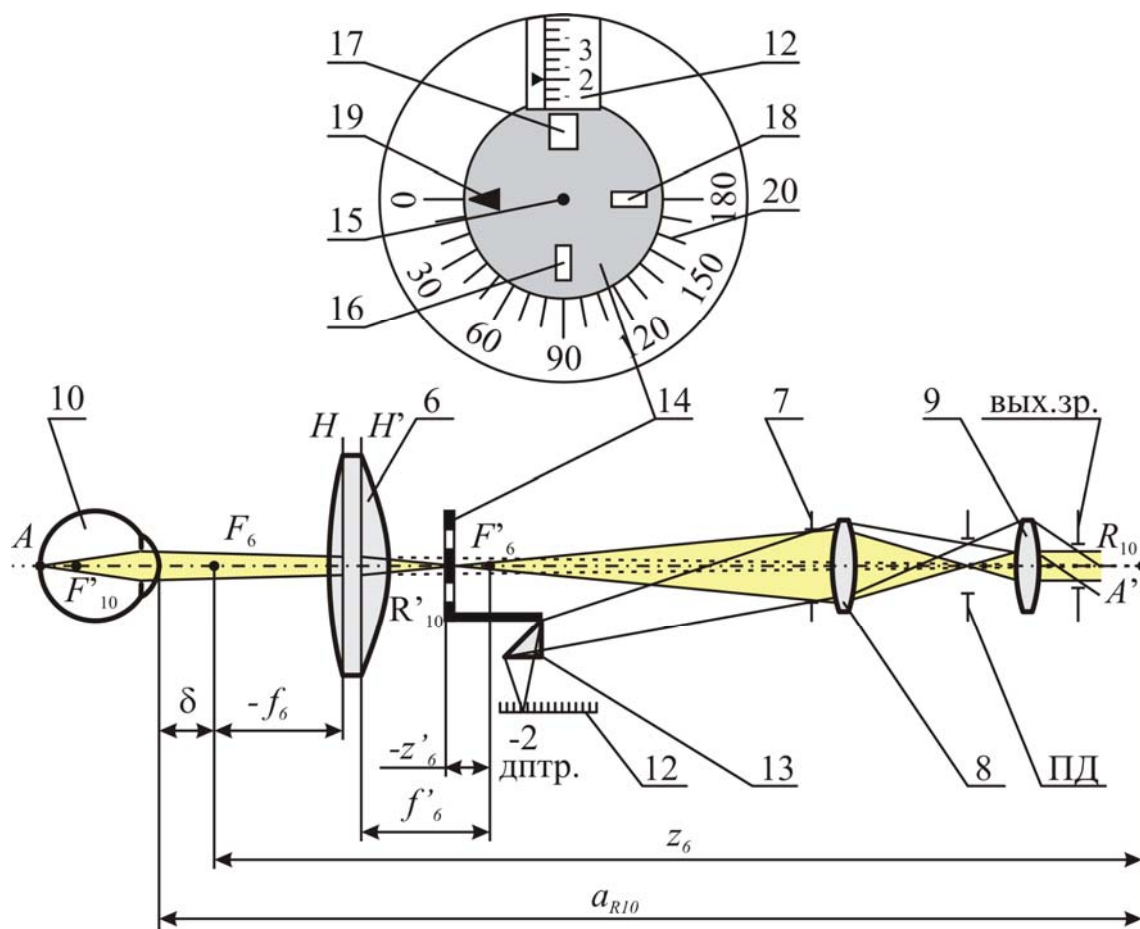


Рис. 1.14. Оптическая схема исследования миопии

Вопросы к защите

1. Какими aberrациями высшего и нулевого порядка обладает оптическая система глаза?
2. Каковы характеристики аметропии и правильного астигматизма как aberrаций нулевого порядка?
3. Какова связь композиции наблюдательного канала со стандартизированной схемой очковой коррекции?
4. В чем особенности офтальмоскопии в обратном виде как объективного метода исследования?
5. В чем особенности объективной рефрактометрии как метода исследования?
6. Как функционирует оптическая система прибора в режиме офтальмоскопии в обратном виде? Почему прибор называется безрефлексным офтальмоскопом?
7. Как функционирует оптическая система прибора в режиме объективной рефрактометрии. Почему прибор называется параллаксным рефрактометром?

Литература

1. Курчинская Л. Н. Медицинские оптические приборы. Учебное пособие. Л.: ЛИТМО, 1988.-90 с.
2. Урмахер Л. С., Айзенштат Л. И. Офтальмологические приборы. М.: Медицина, 1988.- 288с.
3. Черкасова Д. Н. Офтальмологическая оптика. Конспект лекций. СПбУИТМО: 2001. 192 с.
4. ISO 10943: 2006. *Ophthalmic instruments. Indirect ophthalmoscopes.*
5. ISO 10342: 2006. *Ophthalmic instruments. – Eye refractometers.*
6. ГОСТ Р 10942 – 2008. Рефрактометры офтальмологические. Технические требования и методы испытаний.

Лабораторная работа № 2

ИССЛЕДОВАНИЕ ЦВЕТОВОГО ЗРЕНИЯ

Цель работы: освоение субъективных методов исследования цветового зрения при помощи пороговых таблиц и за оптическим прибором «Аномалоскоп».

Задание для работы

1. Ознакомиться с устройством сетчатки глаза как приемника световой энергии.
2. Изучить устройство набора пороговых таблиц и методику исследований с ними.
3. Исследовать характер цветоразличения парных глаз с помощью пороговых таблиц.
4. Изучить устройство прибора «Аномалоскоп» и методику исследований за ним.
5. Исследовать характер цветоразличения парных глаз за аномалоскопом, рассчитать коэффициент аномальности.
6. Сделать выводы по полученным результатам.

1. Краткие сведения о сетчатке глаза как приемнике световой энергии

Сетчатка (см. рис. 3 Предисловия) – это весьма сложный приемник лучистой энергии. Она имеет угловой размер около 180° и состоит из четырех видов элементарных светочувствительных приемников (рецепторов): палочек и трех видов колбочек. Палочки только светочувствительны. Три вида колбочек различаются по своей спектральной чувствительности: красночувствительные (R), зеленочувствительные (G) и синечувствительные (B).

На рис. 2.1 представлены кривые относительной спектральной световой эффективности для колбочек, преимущественно красночувствительных $\rho_0(\lambda)$ или $\rho_A(\lambda)$, зеленочувствительных $\gamma_0(\lambda)$ или $\gamma_A(\lambda)$ и синечувствительных $\beta_0(\lambda)$ или $\beta_A(\lambda)$, соответственно.

По ординате отложена относительная спектральная световая эффективность K_λ , посредством которой проявляются физико-химические процессы, возникающие в колбочках при попадании на них монохроматических составляющих излучений. Формирующиеся в сетчатке сигналы передаются в мозг и образуют там в своей совокупности основу нашего восприятия цвета.

Так как желтое пятно участвует в процессе восприятия цвета обязательно, в обоих методах задействован акт центрального форменного зрения, и, как следствие, исследуется спектральная чувствительность колбочек. Она характеризуется величиной порогов цветоразличения, то

есть теми минимальными цветовыми различиями, которые зрительный анализатор того или иного человека в состоянии отметить.

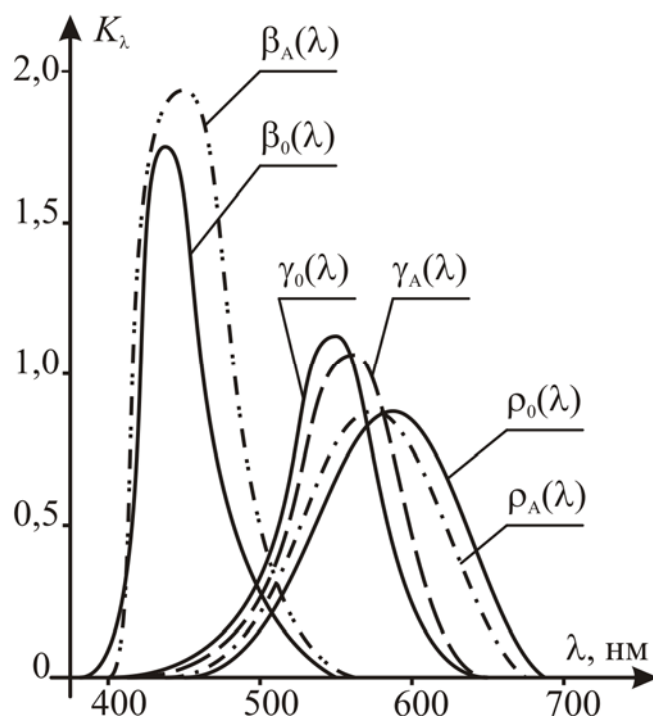


Рис. 2.1. Графики зависимости относительной спектральной световой эффективности K_λ колбочек от длины волны излучения λ

Пороговые таблицы представляют собой набор тестов с дискретным изменением цветовых различий, а в оптическом офтальмологическом приборе «Аномалоскоп» имеется возможность их непрерывного изменения. В основу построения единой методики положены достоверные данные о спектральных свойствах трех видов физиологических приемников глаза (красно-, зелено- и синечувствительные), полученные в колориметрических опытах и, как результат, пороговых исследований у людей с аномалиями цветового зрения.

2. Устройство набора пороговых таблиц и методика исследования с ними

Набор включает в себя 12 карт с пороговыми тестами (далее тесты). Он позволяет выявить не только достаточно грубые нарушения в виде частичной врожденной цветослепоты на красный или зеленый цвет (на синий цвет, как известно, врожденной цветослепоты почти не встречается), но и обнаружить цветослабость любого из трех цветоприемников. Для этого авторами таблиц применена трехступенная градация. Характеристика применяемых в наборе тестов в порядке сложности их распознавания приводится в таблице 2.1.

Все карты с тестами одинаковы по размеру. На лицевой стороне каждой из них мелкими цветными квадратиками на белом фоне нанесен

один и тот же рисунок: на фоне крупного квадрата одного цвета изображена внутренняя квадратная рамка другого цвета (тест) (рис. 2.2).

Таблица 2.1. Характеристика применяемых в наборе тестов

Для испытания приемника <i>R</i> (красный цвет)				
№№ теста	1	2	3	4
Число порогов	5	10	20	30
Для испытания приемника <i>G</i> (зеленый цвет)				
№№ теста	5	6	7	8
Число порогов	5	10	20	30
Для испытания приемника <i>B</i> (синий цвет)				
№№ теста	9	10	11	
Число порогов	5	10	15	

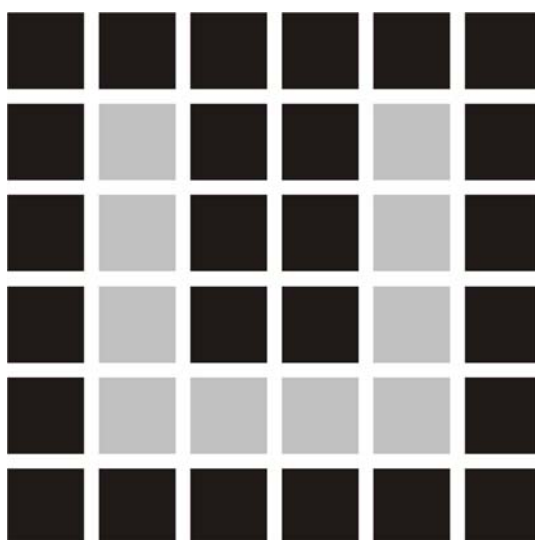


Рис. 2.2. Пороговый тест

На тыльной стороне каждой карты с тестами поставлен ее порядковый номер. Причем, он выполнен в том цвете, который соответствует исследуемому приемнику. Ориентация номера теста и открытой стороны внутренней квадратной рамки увязаны между собой таким образом, что при нормальной (вертикальной) позиции цифры разрыв ориентирован всегда кверху. Некоторые из номеров таблиц с тестами обрамлены окружностями. Число их составляет от 1 до 3 и в случае нераспознавания данного теста помогает быстро дать количественную оценку степени цветослабости соответственно трем принятым градациям. Нумерация тестов, не различимых цветослепыми (№ 4 и № 8), а также контрольного теста (№ 12) окружностей не имеет.

Наиболее сложными для распознавания являются карты с тестами № 1, 5 и 9, поскольку в них пары цветов отличаются всего пятью колориметрическими дифференцированными порогами. Они правильно идентифицируют здоровых людей. Примерно у 90% нормальных людей способность различать цвета укладывается в пределы 1 – 4 порога.

Карта с тестом № 12 различается всеми, в том числе полностью цветослепыми наблюдателями при остроте зрения не менее 0,05. Тест № 12 предназначен для разъяснения методики исследования, а также для выявления возможной симуляции цветослепоты.

3. Исследование цветоразличения при помощи пороговых таблиц

Вначале исследования проводят бинокулярно, затем – для каждого из парных глаз. Оптимальным является хорошее дневное освещение. Прямого солнечного света лучше избегать. На результатах исследования может сказаться как слепящий, так и слишком слабый (сумеречный) свет. Освещение карт с тестами как лампами накаливания, так и лампами «дневного» света исключается.

3.1. Расположить пациента спиной к источнику освещения (обычно - окно). Подготовить таблицы протокола по типу таблицы 2.2.

Таблица 2.2. Протокол оценки цветового зрения

Ф. И. О. пациента												
Возраст												
Цель исследования												
Исследуемый приемник	Красный				Зеленый				Синий			Контрольный тест
№№ карт	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Ответы ¹⁾												

¹⁾ «+» – положительный, «-» – отрицательный.

3.2. Пользуясь тестом № 12, разъяснить пациенту, что от него требуется распознать фигуру открытого квадрата и указать направление разрыва.

3.3. Предъявить пациенту по одному самому сложному для распознавания тесту из каждой группы: № 1 – для красного цвета; № 5 – для зеленого и № 9 – для синего цвета. В случае нераспознавания хотя бы одного делают вывод о наличии нарушений в остроте цветоразличения.

3.4. Предъявить пациенту каждую карту, располагая ее примерно на расстоянии 1 м от пациента, на уровне его глаз. Каждый показ ограничивается пятью секундами. Для исключения случайного угадывания нужно предъявить одну и ту же карту с тестом трижды, меняя ориентацию

открытой стороны меньшего квадрата, и произвольно изменить порядок экспонирования карт с тестами.

О местоположении картины пациент сигнализирует словами (вверху, внизу, слева, справа) или жестом руки. О правильности ответа пациента оператор может судить по расположению номерного знака на тыльной стороне карты (разрыв соответствует верхней части цифры).

По указанию преподавателя предъявлять остальные карты с тестами.

3.5. Для исключения симуляции предъявить карту с тестом № 12.

3.6. Провести количественную оценку силы каждого из трех цветоприемников, пользуясь картой с тестом № 3 как справочной. Результаты тестирования свести в таблицу по типу табл. 2.3. Дать диагностическую оценку, пользуясь данными табл. 2.3.

Таблица 2.3. Протокол количественной оценки цветового зрения

Результаты тестирования по тесту № 3											Диагностическая оценка
R (красный)				G (зеленый)				B (синий)			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	Сильная трихромазия
-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	Протодифицит I степени
-	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	Протодифицит II степени
-	-	-	+	+	+	+	+	+	+	+	Протодифицит III степени
-	-	-	-	+	+	+	+	+	+	+	Протаномия
+	+	+	+	-	+	+	+	+	+	+	Дейтердифицит I степени
+	+	+	+	-	-	+	+	+	+	+	Дейтердифицит II степени
+	+	+	+	-	-	-	+	+	+	+	Дейтердифицит III степени
+	+	+	+	-	-	-	-	+	+	+	Дейтераномия
+	+	+	+	+	+	+	+	-	+	+	Тритодефицит I степени
+	+	+	+	+	+	+	+	-	-	+	Тритодефицит II степени
+	+	+	+	+	+	+	+	-	-	-	Тритодефицит III степени

4. Устройство аномалоскопа АН-59 и методика исследования за ним.

Прибор построен на использовании явления трехмерности цвета и участия в акте центрального форменного зрения только красночувствительных, зеленочувствительных и синечувствительных колбочек желтого пятна сетчатки. В аномалоскопе имеется возможность непрерывного изменения цветовых градаций, которая реализована благодаря композиции его оптической системы.

4.1. Оптическая схема аномалоскопа АН-59

Оптическая система аномалоскопа АН-59, представленная на рис. 2.3., включает в себя осветительный и наблюдательный каналы.

В осветительном канале лампа 1 помещена в фотометрический шар 2. Свет, отраженный белым диффузно отражающим экраном 3 как диффузно отражающим экраном, выходит из фотометрического шара 2 через два отверстия 4 и попадает на два объектива 5 и 6. С экраном 3 совмещены передние фокусы F_5 и F_6 объективов, причем $f_5=f_6$. Благодаря этому создается параллельный ход лучей в пространстве между ними и вторыми, подобными же объективами 7 и 8. Каждая пара объективов 5, 7 и 6, 8 создаёт изображение поверхности экрана 3 на белых, диффузно отражающих экранах 9 и 10, с которыми совмещены задние фокусы F'_7 и F'_8 объективов 7 и 8.

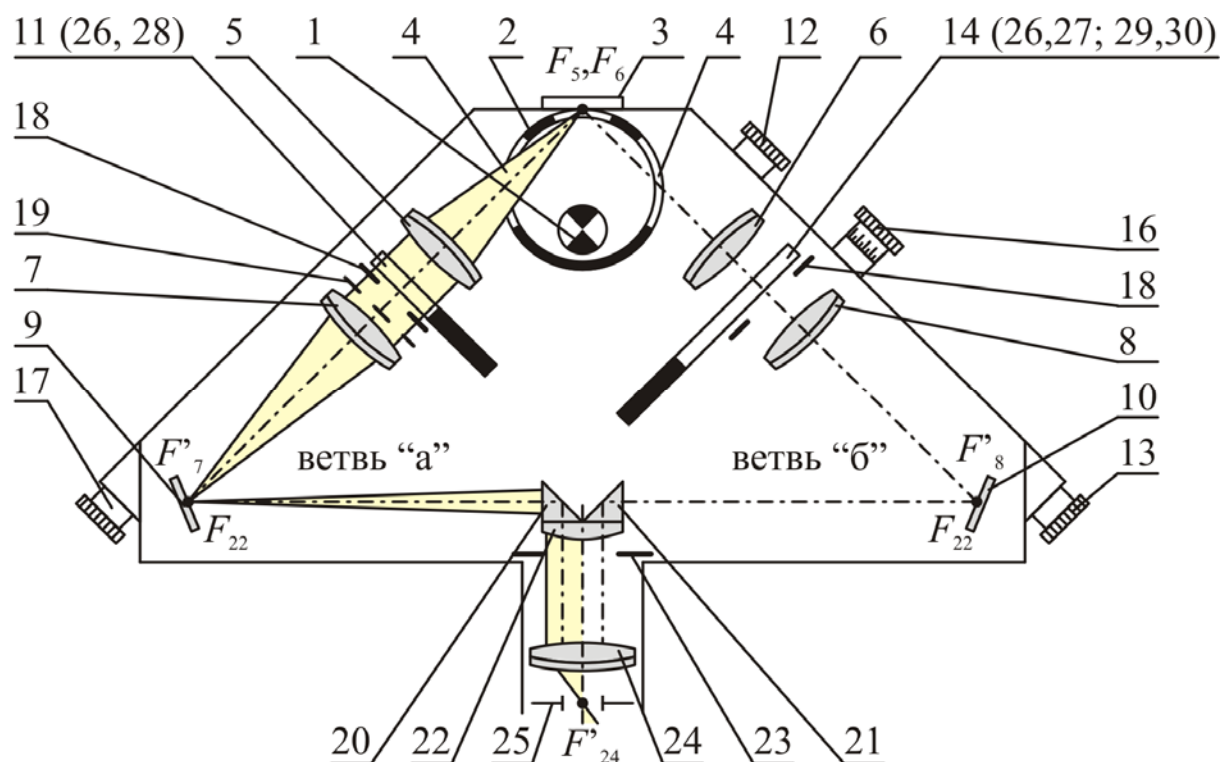


Рис. 2.3. Оптическая схема аномалоскопа

Между объективами 5, 7 и 6, 8, в ветвях "а" и "б", в параллельном ходе лучей, располагаются подвижные рамки со светофильтрами 11, 14 и диафрагмы 18 с квадратными отверстиями.

Диффузно отражаемый экранами 9 и 10 свет падает на входные грани двух прямоугольных призм 20, 21, посаженных на коллектив 22. Передний фокус F_{22} коллектива совмещен с плоскостями экранов 9, 10.

Выбор композиции оптической системы правой и левой ветвей осветительного канала прибора позволил получить максимально равномерную засветку полевой диафрагмы 23 наблюдательного канала. Для этого в систему введены: фотометрический шар 2 и три диффузно отражающих экрана 3, 9, 10. Лампа 1 освещает диффузно отражающий экран 3 в свободном пространстве, внутри фотометрического шара 2. Диффузно отражающий экран 3 становится вторичным источником света, изображение которого проектируется в плоскость диффузно отражающих экранов 9, 10. Оптические системы 3, 5, 7, 9 и 3, 6, 8, 10 komponуются по критической схеме эпипроекции. Экраны 9 и 10 (вторичные источники света) проектируются коллективом 21 и окулярной линзой 24 в выходной зрачок 25 наблюдательного канала. Таким образом, оптические системы 9, 20, 22, 24 и 10, 21, 22, 24 komponуются по схеме диапроекции по Келлеру.

Базовый световой поток определенного спектрального состава организуется в ветвях «а» и «б» осветительного канала (см. рис. 2.3). При этом револьверный диск 11 содержит три светофильтра-теста 26 и красный светофильтр 28 и связан с установочным барабаном 12 кинематически. Револьверный диск 14 содержит три пары светофильтров 26, 27 и пару светофильтров 29, 30. Три светофильтра 26 в точности одинаковы с первыми тремя в револьверном диске 11, а светофильтр 29 – желтый. Пары световых фильтров 26, 27 и 29, 30 связаны с установочным барабаном 13 и с измерительным барабаном 16 кинематически.

При согласованной установке барабанов 13 и 12 на деления "1", "2" или "3", а измерительного барабана – на отсчет «0» револьверный диск 14 поворачивается так, что в параллельный ход лучей в ветвях «а» и «б» вводятся только идентичные светофильтры 26. Спектральный состав световых потоков в ветвях «а» и «б» одинаковый, если на установочных барабанах 12 и 13 установлены одинаковые отсчеты «1», «2» или «3», а на измерительном барабане 16 установлен отсчет «0». При установке любого другого отсчета от 0 до 70 револьверный диск 14 перемещается поступательно прямолинейно, поперек пучка "б". Этим самым из пучка "б" постепенно выводится соответствующий светофильтр 26 и одновременно вводится непосредственно примыкающий к нему парный светофильтр 27. В результате изменяется цвет светового пятна на диффузно отражающем экране 10 и возникает различие по цвету между неизменным (левым)

полуполем и правым полуполем в плоскости полевой диафрагмы 23 наблюдательного канала. Таким образом, спектральный состав светового потока в ветви «б» зависит от отсчета на измерительном барабане 16.

При согласованной установке барабанов 12 и 13 установлены на отметке "А", а измерительного барабана 16 – на отметке «0», светофильтр-тест 28 в револьверном диске 11 - желтый, а в револьверном диске 14 светофильтр 29 - красный. В этом случае равенство полуполей по цвету, когда они оба представляются одинаково желтыми, наступает при частичном введении в пучок "б" с помощью измерительного барабана 16 зеленого светофильтра 30, непосредственно примыкающего к красному светофильтру 29. Когда измерительный барабан 16 установлен на конец шкалы (деление "70"), зеленый светофильтр 30 окажется полностью введенным в пучок "б". Одновременно в испытании "А" вводится в пучок ветви "а" постепенно затемняющий его экран 19, что достигается вращением яркостного барабана 17. В результате регулируется яркость левого полуполя, до полного равенства с правым. По шкале яркостного барабана 17 фиксируется степень затемнения левого полуполя.

В наблюдательном канале диафрагма 23 около линзы 22 является полевой диафрагмой. Поле зрения прибора делится пополам темной вертикальной полоской, образуемой сближенными ребрами выходных граней призм 20, 21. Полевая диафрагма 23 находится в передней фокальной плоскости окуляра 24 и видна резко эмметропу.

Параллельный ход главных лучей между коллективом 22 и окуляром 24 позволяет компенсировать аметропию глаза наблюдателя, не нарушая условия, чтобы выходной зрачок 25 находился точно в заднем фокусе окуляра 24.

Оптические характеристики наблюдательного канала: $f'_{ок}$; Г; 2у; А.

4.2. Конструкция аномалоскопа АН-59

Конструкция аномалоскопа АН-59 представлена на рис. 2.4.

Прибор представляет собой треугольной формы оптическую головку 31, которую несет колонка 32 с основанием 33. Посередине длинной боковой стороны корпуса выдается окулярная трубка 34. Наружу выведены четыре рукоятки со шкалами установочных барабанов 13 и 12 ("Г", "2", "3" и "А"), измерительного барабана 16 и яркостного барабана 17. Напротив окулярной трубки находится **лампа осветительного канала (тип К-17-170), которая включается только через блок питания.** На блоке питания находятся выключатель 35, штепсельная вилка 36 для подключения к сети переменного тока, предохранитель и ручка переключения напряжения.

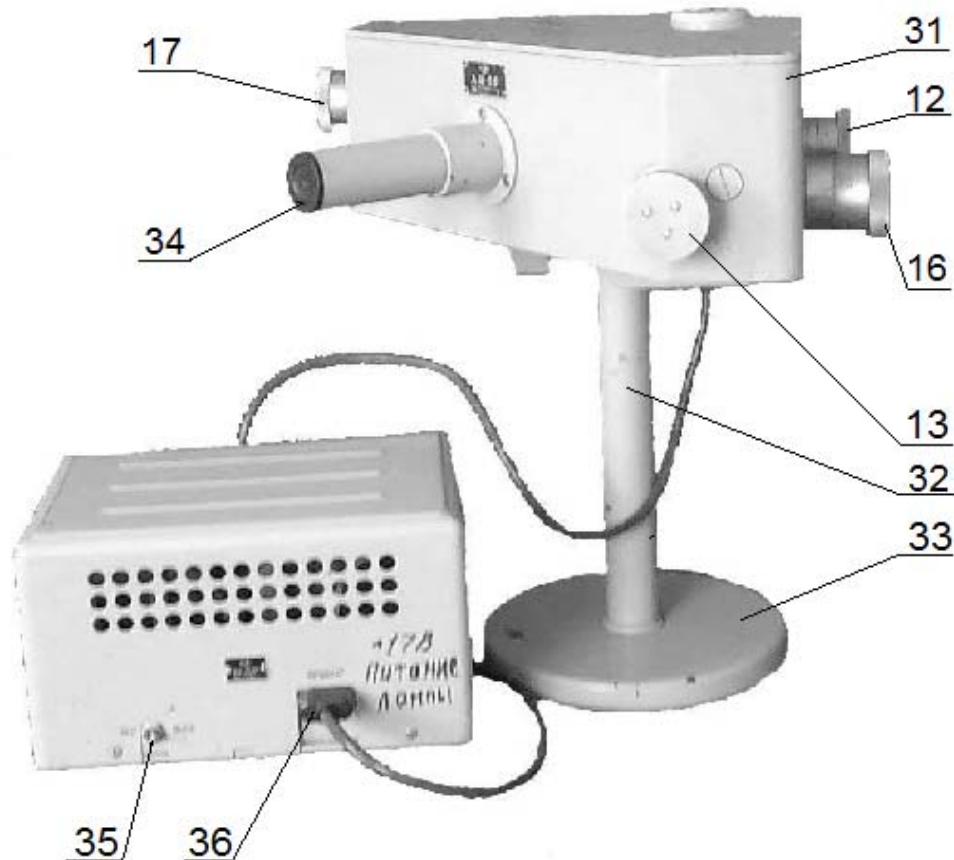


Рис. 2.4. Аномалоскоп АН-59

4.3. Методика работы за аномалоскопом АН-59

Методика исследования цветового зрения за аномалоскопом АН-59 основана на плавном изменении спектрального состава базового монохроматического светового потока в ветви «б» и его сравнение с таким же базовым спектральным составом в ветви «а» (см. рис. 2.3). Вид поля зрения прибора приведен на рис.2.5. Оно состоит из правого и левого полуполей.

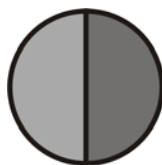


Рис 2.5. Вид поля зрения аномалоскопа

На рис. 2.6 приведена схема действия системы светофильтров при раздельном выявлении возможных отклонений от нормы преимущественной цветовой чувствительности трех видов колбочек.

В испытании «1» производится качественная оценка остроты цветоразличения, связанной с восприятием сигналов от системы

красночувствительных колбочек, обладающих относительной спектральной световой чувствительностью $\rho_0(\lambda)$ и не функционирующих при цветовой слепоте на красный цвет.

В испытаниях «2» и «3» оценивается качественно («норма – патология») отсутствие патологии остроты цветоразличения, связанной с каждой из двух остальных видов колбочек, которые характеризуются относительной спектральной световой чувствительностью $\gamma_0(\lambda)$ и $\beta_0(\lambda)$, и которые не действуют при цветовой слепоте на зеленый и синий цвета соответственно. Все три испытания построены на изменении цвета правого полуполя: цвета обоих полуполей тождественны при отсчете «0» по шкале измерительного барабана 16. В каждом испытании фиксируется момент, когда сознание сможет ощутить наступившее изменение цвета правого полуполя.

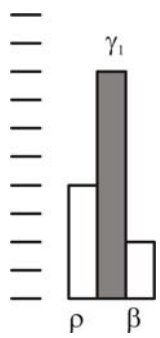
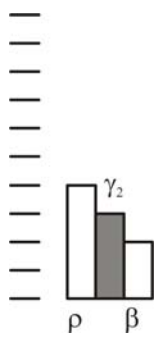
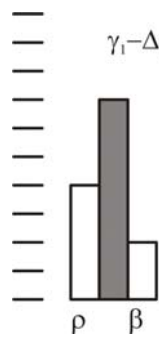





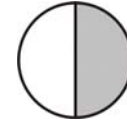

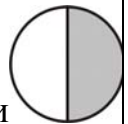
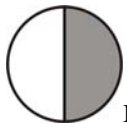


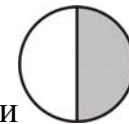
цвет	Ц ₁	Ц ₂	Ц ₃
диаграмма воздействия			
отсчет по барабану 16	0	>20	от 0 до 20
освещаемая область светофильтров 14			
сетка			
восприятие	 или 	 или 	 или 

Рис. 2.6. Схема действия системы световых фильтров аномалоскопа

Пример. Поясним методику на примере испытания «2», в ходе которого выявляется возможное отклонение от нормы спектральной чувствительности приемников, преимущественно зеленочувствительных (см. рис. 2.6).

На яркостном барабане 17 устанавливается отсчет «35».

При установке на измерительном барабане 16 отсчета «0» пациент наблюдает левое и правое полуполя сине-зеленого цвета C_1 , имеющего физиологические цветовые координаты ρ , γ_1 , β . Установим на измерительном барабане 16 отсчет (>20), При этом цвет C_2 правого полуполя изменится вследствие изменения значения одной только второй координаты: $\gamma_2 < \gamma_1$ при неизменности двух других (ρ и β). Такой цвет (пурпурный) будет резко отличаться от первого (сине-зеленого цвета правого полуполя). Объективно, оба эти цвета отличаются между собой сигналами, исходящими от одной только системы зеленочувствительных колбочек.

Если плавно изменять цвет C_1 правого полуполя переходя к цвету C_2 , вращая измерительный барабан 16, то воздействие светового потока в канале «б» на систему зеленочувствительных колбочек будет постепенно убывать, так как $\gamma_2 < \gamma_1$, в то время как воздействия на две другие системы останутся теми же. Следует определить, какое уменьшение ($\Delta\gamma_2$) воздействия на исследуемую систему колбочек окажется на пороге восприятия, чтобы получить оценку остроты различения сигналов, посылаемых этой, и только этой системой колбочек.

То же самое можно иметь в испытаниях «1» и «3» для каждой из остальных систем колбочек (красно- и синечувствительных), исследуя характер функционирования каждой из них в отдельности.

Таким образом, в испытаниях «1», «2» и «3» достигается качественная оценка остроты цветоразличения, характерная для той или иной системы колбочек на основе пороговой методики установления едва ощутимого порогового неравенства по цвету и благодаря надлежащему подбору начального и конечного цвета в каждом испытании. Считается, что если во всех трех испытаниях ощущение одинакового цвета левого и правого полуполей наступает у пациента при отсчете по измерительному барабану 16 от «0» до «20», то цветоразличение соответствует норме.

В испытании «А» яркости полуполей подравнивают, вращая яркостный барабан 17.

Испытание «А» строится на основе колориметрической методики сложения цветов – восстановлении цветового равенства. Производится количественная оценка нормальности цветового зрения с помощью коэффициента аномальности. Испытание, предложенное Дж. Релеем в 1881 г., заключается в установлении пропорции, в которой красный и зеленый цвета должны быть смешаны, чтобы в сумме дать заданный желтый цвет. Для большинства людей эта пропорция оказывается более или менее постоянной соответственно типичности кривых $\rho_0(\lambda)$ и $\gamma_0(\lambda)$

относительной спектральной световой чувствительности красно- и зеленочувствительных колбочек. Резкими отступлениями от нормальной пропорции выявляются аномальные формы цветового зрения, т.е. «аномальный трихроматизм». Исследования показывают, что аномальные формы цветового зрения обусловлены изменением спектральной чувствительности только одного какого-нибудь вида приемников: протаномалия – красночувствительных, дейтераномалия - зеленочувствительных и тританомалия - синечувствительных колбочек.

5. Исследования цветового зрения за аномалоскопом

5.1. Освоить работу за прибором, пользуясь данным описанием. Ознакомиться с назначением всех барабанов (см. рис. 2.3 и 2.4).

5.2. **Лампа осветительного канала включается только через блок питания.** Включить штепсельную вилку 36 блока питания в сеть переменного тока. Включить лампу, используя выключатель 35.

5.3. Наблюдая в окуляр и перемещая окулярную трубку 34, добиться резкого наблюдения линии раздела полуполей (см. рис. 2.5).

5.4. Подготовить таблицу снятия показаний по барабану 16 по типу таблицы 2.4.

Таблица 2.4. Показания измерительного барабана 16

№ измерения	Испытание				Примечание
	1	2	3	A	
1					
...					
среднее значение					

5.5. Исследовать пороги цветоразличения.

5.5.1. Установить на яркостном барабане 17 отсчет «35», соответствующий максимальной яркости поля зрения окуляра.

5.5.2. Исследовать один из парных глаз на соответствие норме порогов цветоразличения для красночувствительных приемников сетчатки. Для этого установить на установочных барабанах 12 и 13 отсчеты "1", а на измерительном барабане 16 – отсчет «0». В поле зрения окуляра должны наблюдаться примерно одинаковые по цвету розовые левое и правое полуполя. Медленно вращая измерительный барабан 16 (от отсчета "0" до отсчета "20"), наблюдать изменение первоначального цвета в правом полуполе.

5.5.3. Установить на измерительном барабане 16 отсчет «20». Если имеет место существенное изменение цвета правого полуполя, то медленно отвести измерительный барабан 16 от отсчета «20» к отсчету "0". Снять отсчет по шкале измерительного барабана 16, когда будет отмечен момент едва заметного изменения цвета правого полуполя по сравнению с левым. Испытания повторить $5 \div 7$ раз. Результаты исследований занести в таб. 2.4.

Если нет заметного изменения цвета правого полуполя при отсчете «20» по измерительному барабану 16, то необходимо установить отсчет «70» и провести исследование, как рекомендовано выше.

5.5.4. Исследовать тот же глаз на соответствие норме порогов цветоразличения для зеленочувствительных приемников сетчатки. Для этого установить на установочных барабанах 12 и 13 отсчет "2", а на измерительном барабане 16 - отсчет «0». В поле зрения окуляра должны наблюдаться примерно одинаковые по цвету синезеленые полуполя. Исследовать зрительные возможности глаза аналогично пункту 5.5.3.

5.5.5. Произвести проверку порогов цветоразличения для синечувствительных колбочек. Для этого установить на установочных барабанах 12 и 13 отсчет "3", а на измерительном барабане 16 – отсчет «0». В поле зрения окуляра должны наблюдаться примерно одинаковые по цвету сиреневые полуполя. Исследовать зрительные возможности глаза аналогично пункту 5.5.3.

5.6. Определить коэффициент аномальности.

5.6.1. Установить на установочных барабанах 13 и 12 отсчеты "А", а на измерительном барабане 16 - отсчет "35". В этом случае правое полуполе будет иметь аранжевый цвет, а левое - желтый.

5.6.2. Установить на яркостном барабане 17 отсчет $m_0=14$. Вращая яркостный барабан 17, выровнять оба полуполя по яркости, ориентируясь на желтое.

5.6.3. Измерительный барабан 16 медленно поворачивать в ту и другую стороны от отсчета "35", пока пациент не установит, что правое полуполе в точности сравнялось по цвету с левым, остающимся все это время желтым. При этом следует корректировать яркость желтого полуполя, вращая яркостный барабан 17. Снять отсчеты: m_a - по измерительному барабану 16 и m_0 - по яркостному барабану 17. Испытание повторить 5 – 7 раз.

5.6.4. Рассчитать коэффициент аномальности по формуле:

$$n_a = 0,91 \cdot (m_a / (70 - m_a)), \quad (2.1)$$

5.6.5. Проанализировать результаты исследования с учетом следующих пояснений. Для случая "норма" $m_a=m_0=36$ и $m_0=14$ (оба полуполя одинаковы по цвету и по яркости). Коэффициент аномальности n_0 равен

$m_0/(70 - m_0) = 1.1$. Допускается принимать коэффициент n_α за полную норму, если он лежит в пределах 0,9 – 1,1. И на этом исследование заканчивается.

5.6.6. Повторить исследования цветового зрения парного глаза по пунктам 5.5÷5.6.

Если значение n_α менее 0,7 или более 1,3, то это расценивается как явная аномалия и исследования можно продолжить **по указанию преподавателя** в соответствии с пунктом 5.7.

5.7. Исследование аномальности цветового зрения

5.7.1. Установить на измерительном барабане 16 отсчет "35", а на яркостном барабане 17 – отсчет "14".

5.7.2. Установить на установочных барабанах 12 и 13 отсчеты "А".

Если пациент отказывается признавать равенство полуполей по цвету и называет правое полуполе красным или красноватым, то оператор устанавливает отсчет "50" на измерительном барабане 16, предполагая, что пациент - дейтераномал, и просит пациента подравнять полуполя по яркости. Примерный отсчет по яркостному барабану 17 будет "12".

Если пациент отказывается признавать равенство полуполей по цвету и называет правое полуполе зеленым или зеленоватым, то оператор устанавливает отсчет "10" на измерительном барабане 16, предполагая, что пациент - протаномал, и просит пациента подравнять полуполя по яркости. Примерный отсчет по барабану яркостному 17 будет "6".

5.7.3. Установить на измерительном барабане 16 последовательно отсчеты "5" (чисто красный цвет) и 65 (чисто зеленый цвет). Каждый раз предлагать пациенту подравнять левое полуполе по цвету, вращая только яркостный барабан 17 (регулировка яркости) и снимая по нему отсчет. Полученный вид поля зрения должен оценить эксперт с коэффициентом аномальности в норме ($n_0 = 1,1$). Сделать вывод о состоянии цветового зрения на основе следующих сведений.

Если пациенту удастся достичь равенства полуполей по чисто красному или чисто зеленому цвету, то он, несомненно, **дихромат**.

Протаноп подравняет к красному темно-желтый цвет, а к зеленому – светложелтый.

Дейтераноп подравняет к красному желтый цвет средней яркости и к зеленому – немного светлее.

Если цветовые равенства полуполей с чисто красным или чисто зеленым не получаются, то у пациента сильная степень цветослабости (**субдихроматизм**).

5.7.4. Уточнение аномальности цветового зрения. Для этого установить на установочных барабанах 12 и 13 отсчеты "А", на измерительном барабане 16 - отсчет "33 – 5", а на барабане 17 – отсчеты "13 – 14 – 15".

В норме в поле зрения должно наблюдаться цветовое равенство.

Если же пациент называет правое полуполе красным или красноватым, то необходимо поворачивать измерительный барабан в сторону отсчета "50" до наступления цветового равенства полуполей. Это значит, что пациент **дейтераномал**.

Если пациент называет правое полуполе зеленым или зеленоватым, то измерительный барабан 16 следует поворачивать в сторону отсчета "10" до признания им цветового равенства полуполей. Это значит, что пациент **протаномал**.

5.7.5. Вычислить коэффициент аномальности по формуле (2.1).

5.7.6. Сделать выводы о состоянии цветового зрения, используя статистические данные, приведенные в таблице 2.5.

Таблица 2.5. Коэффициенты аномальности

Исследование				Наиболее вероятные свойства цветового зрения
1	2	3	А	
1,1	1,1	0,9	1,5	Норма (пациент- трихромат)
0,5	0,7	0,9	2,8	Дейтераномал с повышенной остротой цветоразличения
1,0	1,1	0,9	3,2	Дейтераномал
1,2	1,0	1,1	0,3	Протаномал
8,5	1,3	0,8	1,0	Цветослабость первого приемника (ρ)
1,1	16,0	1,1	1,2	Цветослабость второго приемника (γ)
1,1	1,8	15,2	0,95	Цветослабость третьего приемника (β)
4,2	5,5	1,2	1,15	Комбинированная цветослабость по второму и третьему приемникам (γ, β)
12,9	14,8	3,7	1,0	Цветослабость всех трех приемников (ρ, γ, β)
-	4,9	0,6	1,0	Протанопия и цветослабость второго приемника
1,2	-	9,5	1,0	Дейтеранопия и цветослабость третьего приемника
0,9	-	1,2	1,0	Дейтеранопия

Следует учесть, что нормальный трихромат, цветосильный - это человек с цветовым зрением в норме. Цветоаномалы (аномальные трихроматы) - это лица, у которых смещены максимумы спектральной чувствительности. Они не могут быть выявлены данными методами. Протанопия и дейтеранопия - аномальные формы зрения (аномальный трихроматизм), то есть резкие отступления от нормальной пропорции. Цветослабость - это нарушение цветового восприятия, связанное со снижением чувствительности одного, двух или сразу трех цветоприемников (колбочек) сетчатки глаза (протодефицит, дейтердефицит, тритодефицит).

Содержание отчета

1. Устройство сетчатки как приемника световой энергии на основе теории цветового зрения.
2. Назначение пороговых таблиц и принцип действия.
3. Назначение аномалоскопа, принцип действия и оптическая схема с ходом лучей.
4. Порядок исследований по двум методикам. Блок-схемы.
5. Результаты исследований по двум методикам в табличной форме и расчет коэффициентов аномальности парных глаз.
6. Результаты и выводы: сопоставить результаты исследований по двум методикам.

Вопросы

1. Каковы основы современной теории цветового зрения?
2. Как устроено глазное дно человека?
3. Как учтены функции монокулярного зрения в композиции аномалоскопа, а также бинокулярного зрения в освоенных методиках исследования?
4. Дать техническую характеристику оптической системы аномалоскопа.
5. Сравнительная характеристика освоенных методик исследования.

Литература

1. Волков В.В., Луизов А.В., Овчинников Б.В., Травникова Н.П. Эргономика зрительной деятельности человека.- Л.: Машиностроение, Ленинградское отделение. 1989. 112с.
2. Луизов А.В. Цвет и свет.- Л.: Энергоиздат. Ленинградское отделение, 1989. 256с.
3. Микроскопы и медицинские приборы. Методические указания к лабораторным работам. Составили: Курчинская Л. Н., Миленко И. И. Л.: ЛИТМО, 1985. 42 с.

Лабораторная работа № 3 ПРОЕКЦИОННЫЙ ПЕРИМЕТР

Цель работы: Освоение субъективного метода исследования световой и цветовой чувствительности центрального и периферического полей зрения для четырех видов рецепторов сетчатки за проекционным периметром, соответствующим требованиям стандарта *ISO*.

Задание для работы

1. Ознакомиться с назначением и медико-техническими требованиями к периметру по стандарту *ISO 12866: 2008. Ophthalmic instruments – Perimeters*.
2. Изучить оптическую схему, конструкцию и методику работы за проекционным периметром.
3. Подготовить прибор к работе.
4. Исследовать границы полей зрения парных глаз.
5. Оформить оптическую схему прибора с ходом апертурного и главного лучей.
6. Сделать выводы по полученным результатам.

1. Назначение прибора и медико-технические требования по стандарту *ISO 12866:2008*.

Периметр предназначен для определения границ полей зрения по критериям цветовой и световой чувствительности сетчатки как приемника лучистой энергии, а также выпадений поля зрения (скотом), размера и положения слепого пятна.

Периметрия включает в себя исследование световой и цветовой чувствительности правого глаза *OD* (лат. *oculi dextri*) и левого глаза *OS* (лат. *oculi sinistri*) зрительного анализатора человека.

Стандарт определяет поле зрения как сумму всех направлений, на которых глаз (или парные глаза) может воспринимать визуальные стимулы в определенный момент времени, и как характеристику восприятия этих стимулов. В соответствии с ним объектами исследования являются: монокулярное, бинокулярное, центральное и периферическое поля зрения зрительного анализатора.

Центральное поле зрения – это поле зрения во всех направлениях в пределах 30° от точки фиксации.

Периферическое поле зрения - это поле зрения во всех направлениях за пределами 30° от точки фиксации.

Средние значения границ полей зрения отдельного глаза для разных спектральных диапазонов излучения приведены в таблице 3.1.

Стандарт *ISO* регламентирует применение нескольких методик исследования в зависимости от типа периметра, пределов измерения, формы, яркости, цвета и контраста объекта и фона, а также от продолжительности воздействия стимула.

Таблица 3.1. Средние значения границы поля зрения

Цвет	Белый	Синий	Красный	Зеленый
Кнаружи	90°	70°	50°	30°
книзу кнаружи	90°			
Кнутри	55°	50°	40°	30°
книзу кнутри	55			
Кверху	55°	50°	40°	30°
кверху кнаружи	65°			
Книзу	70°	50°	40°	30°
книзу кнаружи	45°			

Стандарт *ISO* рекомендует применять для обозначения положений стимула в поле зрения полярную систему координат с началом в центре зрачка глаза. В полярной системе координат положение испытательного стимула определяется полумеридианом θ и смещением в направлении полумеридиана ϕ , как показано на рис. 3.1. Обе величины выражаются в градусной мере. Направление нулевого полумеридиана задается слева направо с точки зрения исследуемого. Затем определенный таким образом нулевой полумеридиан вращается против часовой стрелки вокруг точки фиксации с точки зрения пациента. Точка фиксации взора пациента должна иметь нулевое смещение от центра полярной системы координат.

Основные технические характеристики проекционного периметра должны соответствовать следующим минимальным медико-техническим требованиям. Изображение испытательного стимула круглой формы (стимул Гольдмана) диаметром 15, 5, 3 или 1 мм перемещается по дуге в пределах от 0 до $\pm 95^\circ$. Цвета испытательных стимулов – белый, красный, синий, зеленый. Яркость испытательных стимулов может составлять: $3 \cdot 10^{-5}$, $12 \cdot 10^{-5}$, $48 \cdot 10^{-5}$, $3 \cdot 10^{-2}$, $12 \cdot 10^{-2}$, $48 \cdot 10^{-2}$, 1, 4, 6 [кд/м²]. Яркость дуги радиусом 333 мм зависит от задачи исследования: $2 \cdot 10^{-4}$ [кд/м²] (ночное зрение); $2 \cdot 10^{-1}$ [кд/м²] (сумеречное зрение); 5,0 [кд/м²] (дневное зрение). Спектральный состав излучения ламп осветительного канала должен быть близок к дневному свету.

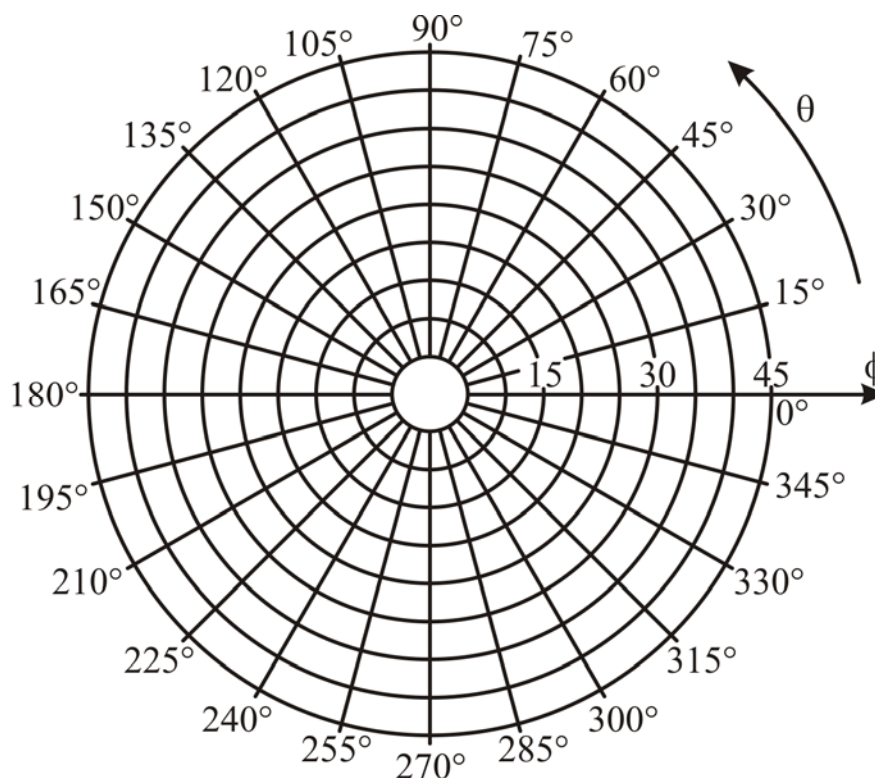


Рис. 3.1. Полярная система координат (со стороны пациента).

1.1. Основные технические характеристики прибора ПРП-60.УЧ.2

Основные технические характеристики прибора ПРП-60.УЧ.2:

Рабочая область спектра, [мкм]	от 0,4 до 0,78
Пределы перемещения стимула по дуге, [град]	от -95° до $+95^\circ$
Диаметр испытательного стимула, мм	6,5; 3,2; 2; 0,65
Цвета испытательного стимула	белый красный зеленый синий
Яркость стимула, [кд/м ²]	16; 4; 0,48; 0,12; 0,03; 0,00048; 0,00012; 0,00003
Яркость дуги, [кд/м ²]	
- дневное зрение	5
- сумеречное зрение	0,2
- ночное зрение	0,0002
Радиус дуги, [мм]	333
Источники света:	лампа РН-8-20 лампа МН 13,5-0,16
Габаритные размеры прибора, [мм]	655×678×750
Масса прибора, [кг]	не более 25

2. Оптическая схема, конструкция и методика работы за проекционным периметром

2.1. Оптическая схема проекционного периметра

Оптическая система прибора включает в себя четыре канала:

- осветительный канал;
- канал фиксации взгляда;
- канал контроля рабочего расстояния;
- наблюдательный канал.

Принципиальная оптическая схема наблюдательного канала проекционного периметра приводится на рис. 3.2.

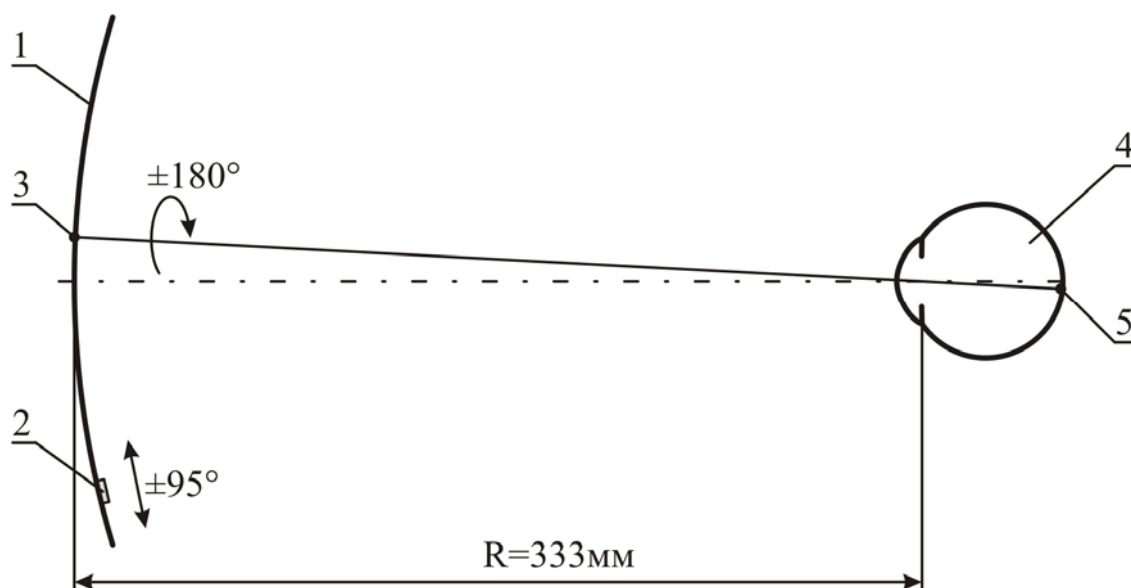


Рис. 3.2. Принципиальная оптическая схема наблюдательного канала

Прибор основан на принципе фиксации различными зонами сетчатки неподвижного глаза 4, расположенного в центре полусферы, световой проекции испытательного стимула 2, находящегося на различных участках этой полусферы. Полусфера имитируется дугой 1 периметра. Дуга может вращаться вокруг неподвижной оси 5, на которой располагается точка 3 фиксации взгляда глаза 4. Результаты исследования регистрируются на специальном бланке-графике (рис.3.3).

На рис.3.4 представлена композиция принципиальных оптических схем осветительного канала, наблюдательного канала и канала фиксации взгляда пациента.

В осветительном канале лучи света от лампы 6 с помощью конденсора 7 проходят через одну из круглых диафрагм револьверного диска 8 (четыре круглых диафрагмы разного диаметра). Это сменные полевые диафрагмы осветительного канала прибора. Оптическая система «конденсор 7 - объектив 11» формируют изображение нити лампы 6 на зеркале 13, с

которым совпадает выходной зрачок осветительной системы. Объектив 11 с помощью зеркал 12 и 13 изображает диафрагму 8 на дуге 1 периметра. Таким образом, осветительный канал komponуется по схеме диапроекции по Келлеру.

Фамилия И. О.
Дата
Рабочее расстояние, [м]
Объект (форма, цвет)
<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;"> <p>ЛЕВ 90°</p> </div> <div style="text-align: center;"> <p>ПРАВ 90°</p> </div> </div>

Рис.3.3. Форма бланков (лицевая сторона)

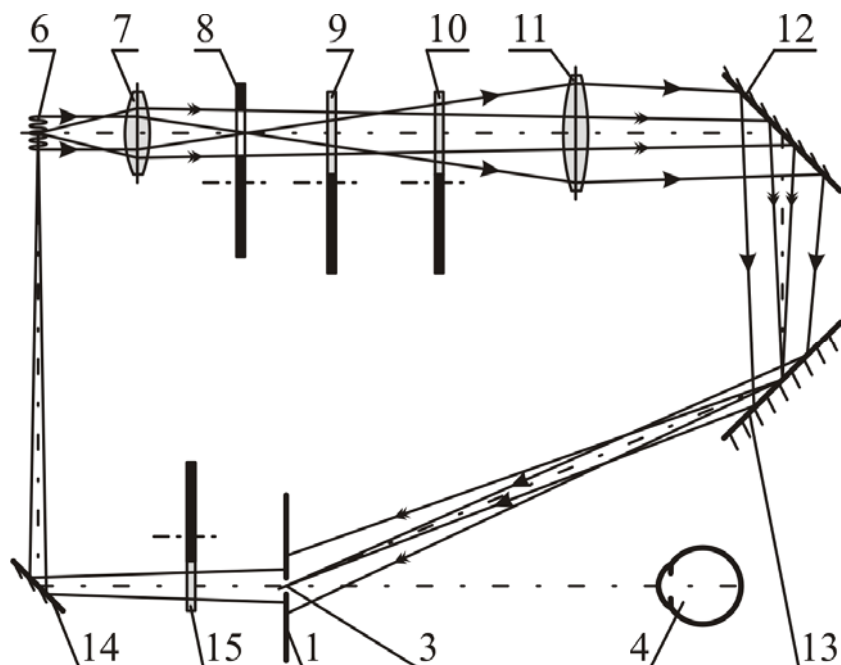


Рис.3.4. Оптическая схема проекционного периметра

Кроме револьверного диска 8, между конденсором 7 и объективом 11 имеются еще два револьверных диска. В диске 9 установлены три цветных светофильтра (красный, синий, зеленый) и имеется одно свободное

отверстие. В диске 10 смонтированы три нейтральных светофильтра и тоже имеется одно свободное отверстие. Вращая эти диски, получают изображения стимула желаемого размера, цвета и яркости на поверхности дуги 1 периметра.

В центре дуги 1 находится полевая диафрагма 3 канала фиксации взора глаза 4 пациента. Эта диафрагма освещается лампой 6 с помощью зеркала 14. Нейтральный круговой клин 15 регулирует яркость точки фиксации взора 3.

Наблюдательный канал включает в себя дугу 1 как диффузно отражающий экран, неподвижную диафрагму 3 в качестве точки фиксации взора глаза 4 пациента. Угловое поле предъявления стимула составляет телесный угол 2π рад.

Оптическая схема канала контроля рабочего расстояния приведена на рис. 3.5. Общая для всех каналов прибора лампа 6 создает освещение двух идентичных ветвей 16 - 19. В каждой ветви канала полевая диафрагма 17, имеющая форму кольца, освещается равномерно с помощью конденсора 16. Полевая диафрагма 17 проектируется на исследуемый глаз 4 объективом 18 и зеркалом 19. Конденсоры 16 и объективы 18 изображают нить лампы 6 на зеркалах 19 как апертурных диафрагмах. Таким образом, данная система komponуется по схеме диапроекции по Келлеру. Зеркала 19 направляют лучи таким образом, что при условии наложения изображения колец друг на друга и окаймлений ими зрачка исследуемого глаза 4 обеспечивается точная установка глаза в центре дуги (на расстоянии 333 мм от фиксационной точки 3).

2.2. Конструкция проекционного периметра

Конструкция прибора приведена на рис.3.6. Периметр смонтирован на основании 20. На расширенной части основания закреплена стойка 21 с корпусом 22. В корпусе 22 размещены основные устройства для проекции и перемещения испытательного стимула по дуге 1, изменения его цвета, яркости и размеров. К переднему торцу корпуса 22 прикреплена горизонтальная трубка 23 с вращающейся проекционной головкой 24 и узлом подсветки дуги 25 на торце. К заднему торцу корпуса 22 прикреплена трубка 26 с зеркалом для освещения сменного регистрационного бланка 27.

Осветитель стимула с лампой 6 вставляется сверху в корпус 22 и закрепляется винтом 28. Вблизи осветителя расположены револьверные диски 8 - 10. В диске 8 имеются четыре круглых диафрагмы с диаметрами 6,5; 3,2; 2; 0,65 [мм]. В три отверстия револьверного диска 9 вмонтированы светофильтры: красный, зеленый и синий, четвертое отверстие оставлено свободным для организации стимула в «белом» свете. В два отверстия револьверного диска 10 установлены два нейтральных светофильтра, и

имеется по одному свободному отверстию в каждом. На торцах револьверных дисков 8 - 10 предусмотрена соответствующая индексация. Поворачивая эти диски, можно установить на дуге испытательный стимул нужного размера, цвета и яркости. Каждый из дисков снабжен пружинным фиксатором. Изображения круглых диафрагм в диске 8 на дуге 1 периметра являются испытательными стимулами.

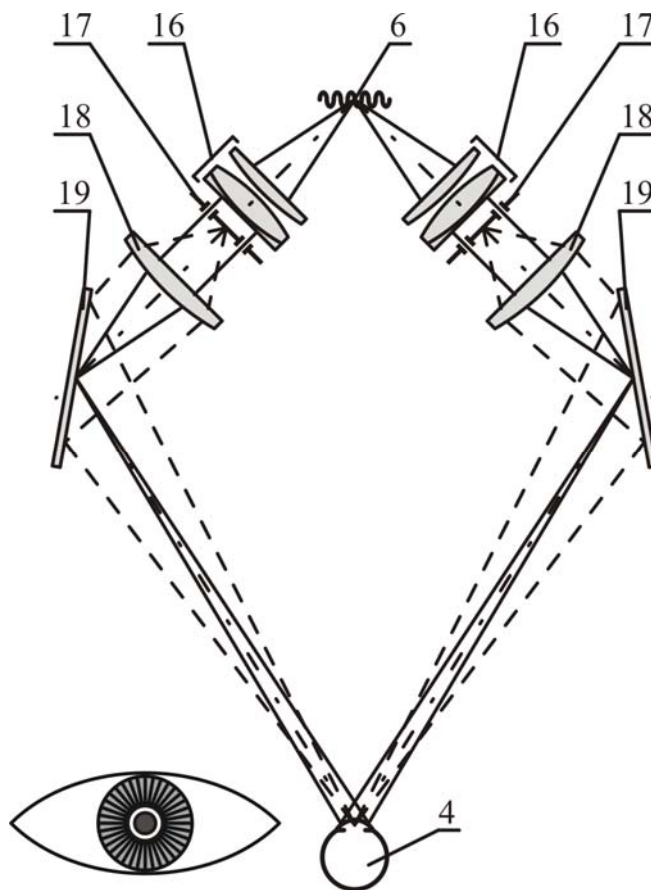


Рис.3.5. Оптическая схема канала контроля рабочего расстояния

Перемещение испытательного стимула по дуге 1 осуществляется поворотом проекционной головки 24 с закрепленными на ней зеркалами. Головка 24 закрыта колпачком и приводится во вращение барабаном 29 посредством гибкого троса 30. Тем самым изображение стимула 2 перемещается по дуге 1 (см. рис. 3.2).

Дуга 1 периметра установлена в подшипнике. Ее внутренняя часть окрашена серой матовой краской, создающей фон для проектируемого испытательного стимула, но не изменяющей спектральный состав излучения лампы 6. **Поворот дуги осуществляется от руки за корпус 22.** Угол поворота дуги фиксируется через 30° с помощью фиксатора 31. Угол поворота отсчитывается по шкале 32, выгравированной на кольце держателя. Результаты исследований за прибором регистрируются на бланке 27 накалыванием иглой 33 или нанесением точек цветными карандашами.

Бланк 27 закрепляют держателем со шкалой 32. Поле зрения наносится в таком виде, как его видит оператор, стоящий перед пациентом. Таким образом, оператор начинает отсчет по графику бланка с правой стороны от 0° и ведет его против часовой стрелки.

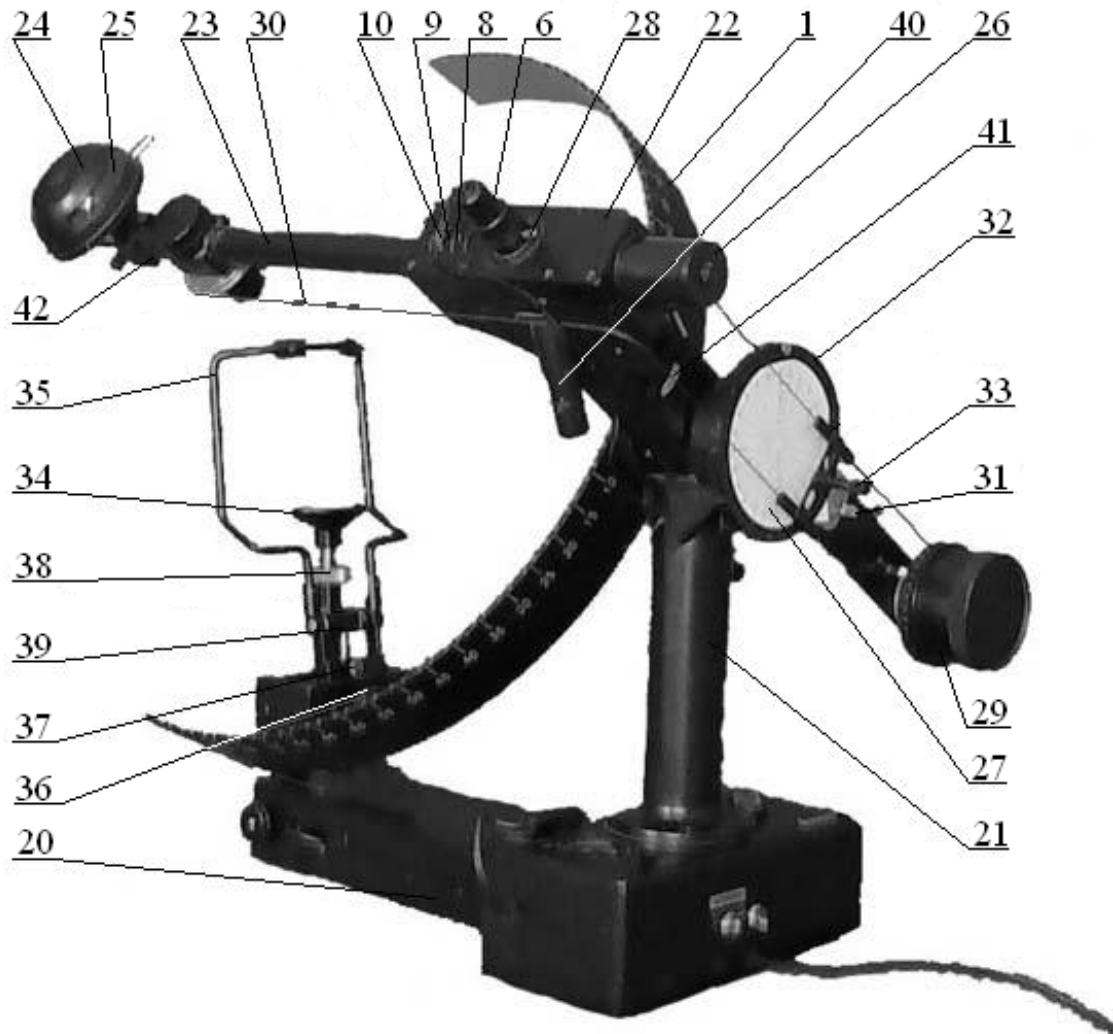


Рис. 3.6. Проекционный периметр

Чтобы установить глаз пациента в центре дуги периметра, на расстоянии 0,333 м, в приборе предусмотрены лицевой установ и оптическая система контроля рабочего расстояния.

Лицевой установ предназначен для фиксации головы пациента и ориентирования его глаза относительно центра дуги прибора. Он состоит из подбородника 34 и налобника 35. Вращением рукоятки 36, лицевой установ можно перемещать в поперечном направлении, а вращением рукоятки 37 - в продольном направлении. Установка подбородника по высоте осуществляется вращением гайки 38 с накаткой, а наклон – винтом 39.

В оптической системе контроля рабочего расстояния имеется два идентичных «рожка» 40, включаемых при нажатой кнопке 41. Каждый из рожков дает равновеликое изображение кольца. Оба изображения совпадают только в центре дуги. Если глаз установлен в центре дуги, оба изображения кольца сольются в одно кольцо, расположенное вокруг зрачка пациента на расстоянии 333 мм от точки фиксации взора (рис.3.7 з).

3. Подготовка прибора к работе

3.1. Обозначить систему координат по стандарту *ISO* со стороны оператора и сделать необходимые надписи на бланках (см. рис. 3.3).

3.2. Включить прибор в сеть. Дугу 1 периметра установить горизонтально вручную, держась за корпус 22.

3.3. С помощью матового экрана (лист белой бумаги) проверить состояние юстировки осветительного канала: на зеркале 42 (рис. 3.6.) должно быть резкое изображение нити лампы 6. В противном случае, **в присутствии преподавателя**, выполнить юстировку лампы. Для этого, используя ее подвижки, получить резкое изображение нити лампы на зеркале 42, с которым приблизительно совмещается выходной зрачок проекционного объектива осветительной системы испытательного стимула (см. рис. 3.4). В результате соответствующие стимулы появятся и на дуге периметра, и на экране в зоне лицевого установа

3.4. С помощью отвертки отжать винты держателя 32 и закрепить бланк 27. Вращая диск 8, установить испытательный стимул наименьшего диаметра. Вращая барабан 29, совместить стимул с центром точки 3 фиксации взора пациента на дуге 1. При этом конец иглы 33 отметочного стержня должен совпасть с центром графика на бланке 27.

3.5. Протереть лицевой устанав 3%-ным раствором перекиси водорода.

3.6. Закрыть окклюдором неисследуемый глаз пациента. Вращая гайку 38, установить налобник 35 против середины лба пациента. Вращением винта 39 добиться плотного прилегания налобника ко лбу.

3.7. Включить систему контроля рабочего расстояния, **нажав и удерживая кнопку** 41. Работая всеми подвижками лицевого установа, добиться того, чтобы на роговицу глаза резко проектировались два светлых кольца, как показано на рис. 3.7 а. Вращением рукоятки 36 переместить подбородник в поперечном направлении и добиться симметричного расположения колец относительно глаза (рис. 3.7 б). Вращением гайки 38 переместить подбородник 34 по высоте и установить кольца на уровне зрачка (рис. 3.7 в). Вращением винта 39 наклонить голову пациента и добиться слияния обоих колец в одно и совпадения их со зрачком глаза (рис. 3.7 з). Глаз в этом случае будет располагаться точно в центре дуги периметра на расстоянии 0,333 м от точки фиксации взора 3. Визирная ось совпадет с прямой, проходящей через центр точки фиксации

взора параллельно оптической оси горизонтальной трубы 23. Отпустить кнопку 41.

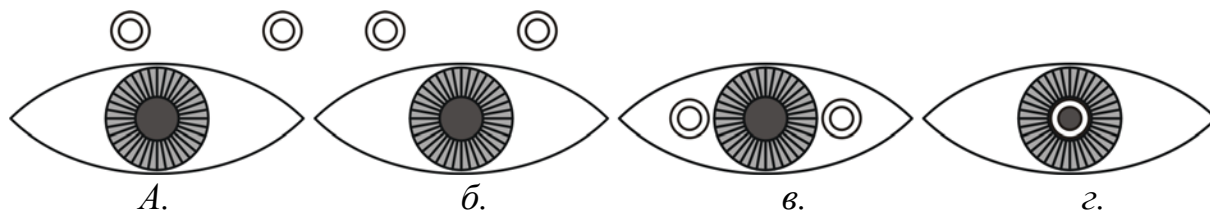


Рис. 3.7. Схема контроля рабочего расстояния

4. Исследования границ поля зрения парных глаз

4.1. Исследования поля зрения в белом свете

4.1.1. Помещение для работы за периметром должно быть затемнено.

4.1.2. Поворачивая револьверный диск 8 (см. рис. 3.6), выбрать самую большую диафрагму, а поворотом дисков 9 – 10 - свободные отверстия (вырезы на торцах дисков должны быть направлены вверх).

4.1.3. В течение всего исследования взор испытуемого глаза пациента должен быть направлен на фиксационную точку в центре дуги периметра. Второй глаз пациента должен быть закрыт окклюдером.

4.1.4. Перевести дугу вручную, держась за корпус 22, в горизонтальное положение. Вращая барабан 29, привести испытательный стимул на край дуги 1. Затем, продолжая медленно вращать барабан 29 в обратном направлении, перемещать стимул к центру дуги и предлагать пациенту указать первый момент его появления. В момент, когда пациент говорит, что стимул виден, нажать на иглу 33, сделав отметку на графике 27. Затем перевести стимул на другой край дуги и повторить весь цикл исследований.

4.1.5. Каждый раз поворачивать дугу 1 вручную, держась за корпус 22, на угол 30° и выполнять исследование для каждого из меридианов в пределах полусферы, как пояснено в пункте 4.1.4. Соединяя отметки на графике, получить очертания всего поля зрения для белого цвета.

4.1.6. Повторить исследование поля зрения для парного глаза пациента по приведенной выше методике. Результаты исследований парных глаз оформить на бланках, как показано на рис. 3.8.

4.2. Исследования поля зрения в свете различного спектрального состава.

4.2.1. Повторить все испытания по пунктам 4.1.1 - 4.1.6 для стимула синего, красного и зеленого цветов по указанию преподавателя. Изменение цвета стимула осуществляется введением необходимого светофильтра в диске 9. отметки на графике бланка 27 наносить в виде точек соответствующего цвета.

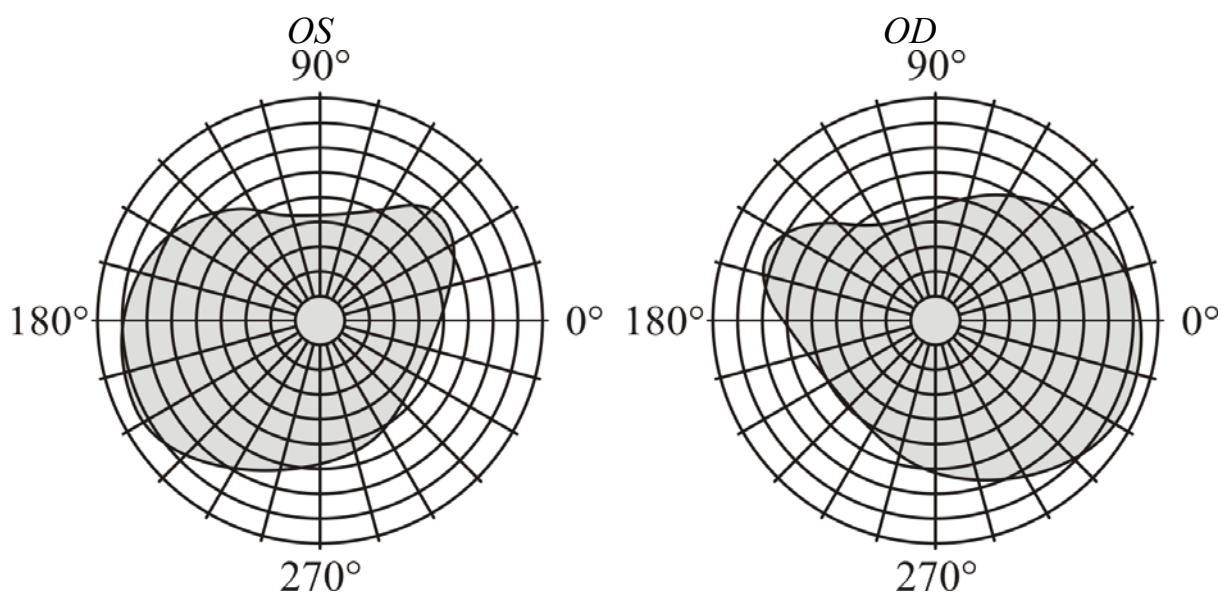


Рис. 3.8. Границы монокулярных полей зрения парных глаз (OD, OS)

Надо иметь в виду, что при перемещении испытательного стимула, глаз не все время воспринимает его цвет одинаковым, так как он меняется по мере передвижения объекта по дуге. Например, красный испытательный объект при движении его от периферии к центру дуги воспринимается сначала как бесцветный, затем желтый, и только при приближении к фиксации он начинает восприниматься как красный. Пациент должен правильно указать цвет стимула. Только тогда делается отметка на графике бланка.

4.2.2. С помощью отвертки ослабить винты держателя 32 и извлечь бланк 27. Отмеченные на нем точки соединить цветными карандашами. Границы поля зрения для цветных объектов меньше, чем для белого света (см. табл. 3.1).

4.3. Определение бинокулярного поля зрения

4.3.1. Измерить глазную базу b пациента, пользуясь мерной линейкой из набора пробных стекол. Измерить максимальный диаметр l_{90} бланка для угла 90° шкалы ТАБО.

4.3.2. Определить коэффициент масштабирования по формуле:

$$M \approx l_{90}/R, \quad (3.1)$$

где R – радиус дуги 1 периметра.

4.3.3. На матовом, освещенном проходящим светом экране расположить три бланка: два бланка с результатами исследования поля зрения каждого глаза и сверху чистый бланк. Полученные в результате исследования графики полей зрения для каждого глаза необходимо сместить вдоль горизонтального направления $0^\circ - 180^\circ$ влево и вправо, соответственно, на величину $t = 0,5bM$.

4.3.4. При фиксированном взаимном расположении трех бланков нанести границы полей зрения на верхний бланк, используя цветные карандаши, как показано на рис. 3.9. Штриховкой отделить монокулярные поля зрения каждого отдельного глаза от бинокулярного поля зрения.

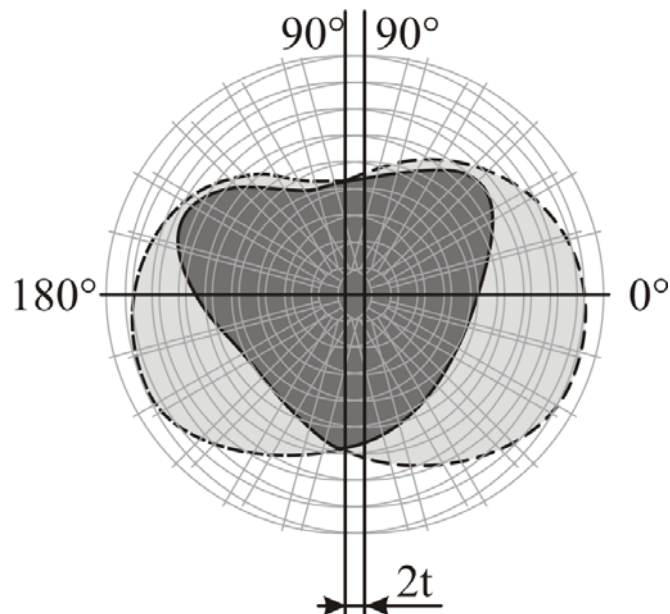


Рис. 3.9. Границы бинокулярного поля зрения

4.4. Исследование границ слепого пятна

Исследование границ слепого пятна выполняется по указанию преподавателя. Используется один и тот же бланк, что и в испытаниях по пунктам 4.1 – 4.3.

4.4.1. Вращая диски 8 – 10, установить минимальный стимул белого цвета.

4.4.2. Дугу установить в горизонтальное положение.

4.4.3. Передвигая стимул по дуге от периферии к центру, обозначить границы, в пределах которых объект не виден глазом. Исследование повторяется для меридианов на углах $\pm 5^\circ$. Результаты исследований получают, соединяя точки световой нечувствительности на бланке, получая границы слепого пятна.

Линейный x и угловой a размеры слепого пятна каждого из парных глаз могут быть оценены из следующих соотношений:

$$x = a f / R, \quad (3.2)$$

$$a = 2 \pi R \alpha / 360^\circ, \quad (3.3)$$

где R - радиус дуги периметра ($R = 333\text{мм}$);

α - средний угловой размер слепого пятна, выраженный в градусах;

$f = 17,06$ мм – расстояние от угловой точки глаза до сетчатки (фокусное расстояние математической модели "редуцированный глаз" по Вербицкому).

Содержание отчета

1. Назначение и медико-технические требования к периметру по стандарту 12866:1999 "Офтальмологические приборы. Периметры". Таблица соответствия требований по стандарту *ISO* и технических характеристик прибора.
2. Блок-схема конструкции прибора.
3. Блок-схема методики выполненной работы за периметром.
4. Результаты исследований монокулярных и бинокулярных полей зрения двух зрительных анализаторов в виде графиков на бланках.
5. Оптическая схема прибора с ходом апертурного и главного лучей.
6. Выводы по полученным результатам: а) соответствие используемого прибора требованиям стандарта *ISO*; б) соответствие границ полей зрения двух зрительных анализаторов средним статистическим данным.

Вопросы

1. Как задействованы функции бинокулярного и монокулярного зрения оператора и пациента?
2. Назначение проекционного периметра. Как сочетаются объективный и субъективный методы в исследованиях за прибором?
3. Характеристика топографии сетчатки. Дать характеристику зон световой и цветовой чувствительности.
4. Назначение и устройство измерительного канала. Оптическая схема с ходом главного и апертурного лучей.
5. Назначение и устройство осветительного канала. Оптическая схема с ходом главного и апертурного лучей.
6. Назначение и устройство канала контроля рабочего расстояния. Оптическая схема с ходом главного и апертурного лучей.

Литература

1. Черкасова Д. Н. Оптические офтальмологические приборы. Учебное пособие. СПб.: СПбГУ ИТМО, 2003.- 235 с.
2. Балагута М. Г. Периметры. Веко, 8 ноября 2002.-с. 33 – 36.
3. *ISO 12866:2008. Ophthalmic instruments – Perimeters.*

Лабораторная работа № 4

ПРОЕКТОР ЗРИТЕЛЬНЫХ ЗНАКОВ

Цель работы: Знакомство с субъективными методами исследования рефракционного равновесия и функций бинокулярного зрения, освоение приборного обеспечения и принципов формирования составных оптических систем с использованием проектора зрительных знаков.

Задание для работы

1. Ознакомиться с назначением и медико-техническими требованиями к прибору «Проектор зрительных знаков» (далее – проенкор знаков) стандартов: *ISO 10938:2000 Ophthalmic instruments – Chart projectors*; *ISO 8596:2009 Ophthalmic optic – Visual acuity testing – Standard optotype and its presentation*; *ISO 8597:1994. Optic and optical instruments - Visual acuity testing – Method of correlating optotypes*.
2. Ознакомиться с техническими характеристиками, оптической схемой и конструкцией проектора знаков ПЗ-МД. Зарисовать состав тест - объектов.
3. Освоить методику работы с прибором.
4. Провести исследования аметропии методами визометрии и субъективной рефрактометрии.
5. Исследовать правильный астигматизм.
6. Исследовать характер бинокулярного зрения.
7. Начертить оптические схемы осветительного и наблюдательного каналов проектора знаков с ходом апертурного и главного лучей. Оформить принципиальные оптические схемы примененных в работе составных систем. Сделать выводы по результатам лабораторной работы.

1. Назначение и медико-технические требования к прибору «Проектор зрительных знаков» по стандартам *ISO 10938:2000*, *ISO 8596:2009* и *ISO 8597:1994*.

Проектор знаков предназначен для проецирования различных испытательных знаков при исследовании монокулярного и бинокулярного зрения и назначения оптической коррекции для дали при дневном освещении. Работа с прибором производится в освещенном помещении при температуре от +10° до +35° и относительной влажности до 90%.

Проектор знаков должен соответствовать следующим медико-техническим требованиям:

1.1. В набор опто типов могут войти следующие стандартизованные равнояркие опто типы абсолютного контраста: кольца Ландольта (рис. 4.1 а); буквы (рис.4.1 б); крючки Снеллена (трехзубчатые опто типы) (рис. 4.1 в); детские картинки (рис. 4.1 г).



Рис. 4.1. Опто типы для исследования остроты зрения

1.2. Должна быть обеспечена возможность предъявления опто типа в восьми различных положениях.

1.3. В приборе должны быть представлены, по крайней мере, пять расположенных рядами опто типов каждого размера.

1.4. Наименьший спроецированный опто тип должен быть виден на расстоянии 0.33 от используемого расстояния наблюдения при остроте зрения наблюдателя 1.0.

1.5. Яркость однородного фона должна составлять $80 - 320 \text{кд/м}^2$. Яркость фона в пределах двух диаметров данного опто типа не должна изменяться больше, чем на 30%, а в пределах всей области предъявления – более, чем на 50%.

1.6. Проверка должна осуществляться на минимальном расстоянии 5 ± 0.05 м между зрачком испытуемого и опто типом.

1.7. Для положительной оценки остроты зрения необходимо правильно назвать, как минимум: три опто типа при общем числе пять; четыре – при общем числе шесть или семь; пять – при общем числе восемь или девять; шесть – при общем числе десять.

1.8. Должен применяться белый свет с цветовой температурой от 2500°K до 7000°K .

Примечание. Соответствие п.п. 1.1, 1.5 и 1.8 оценить субъективно, используя таблицу Сивцева - Головина во включенном осветителе таблиц «Аппарат Рота» при остроте зрения оператора $V=1.0$.

2. Технические характеристики, оптическая схема и конструкция прибора ПЗ-МД

Основные технические характеристики проектора зрительных знаков:

Рабочее расстояние (расстояние проекции)	от 3 до 6 м
Увеличение прибора (для расстояния проекции 5 м)	33^x

Диаметр проекции (для расстояния проекции 5 м)
Освещенность экрана
Контраст испытательных знаков с фоном
Градусная шкала на экране

не менее 375 мм
не менее 500 лк
не менее 70%
обратная система
ТАБО через 10°

Состав опто типов: «кольца Ландольта» (см. рис. 4.1 а), буквы (см. рис. 4.1 б), крючок Снеллена» (см. рис. 4.1 в), детские картинки (рис. 4.1 г).

Для уточнения оптической коррекции остроты зрения предусмотрен дуохромный тест (рис. 4.2).

Для исследования правильного астигматизма предусмотрены астигматические фигуры: лучистая фигура (рис. 4.3 а), «стрела Раубичека» (рис. 4.3 б), черный симметричный крест (рис. 4.3 в).

Для исследования характера бинокулярного зрения предусмотрены четырехточечный тест (рис. 4.4 а) и «тест Шобера» (4.4 б).

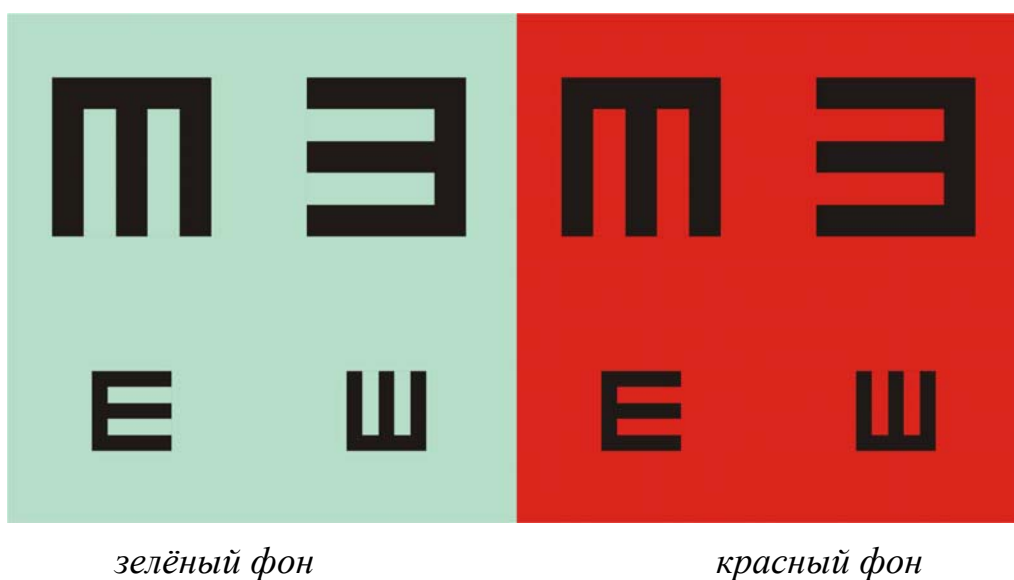


Рис.4.2. Дуохромный тест

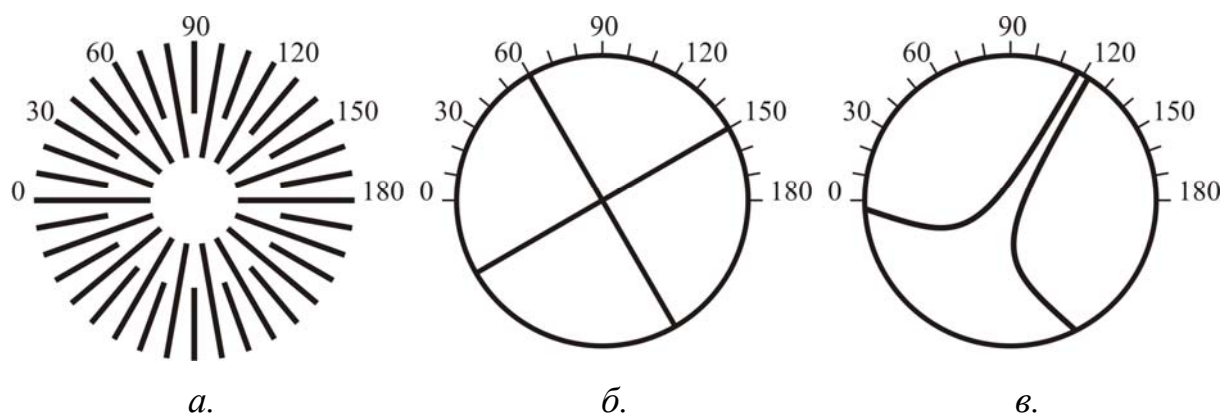


Рис.4.3. Астигматические фигуры



Рис.4.4. Четырехточечный тест (а) и тест Шобера(б)

Оптическая система прибора (рис 4.5) включает в себя осветительный и передающий каналы. В осветительном канале свет от лампы 2 проходит через конденсор 3 и равномерно освещает тест-объекты 4 (черный симметричный крест, «стрела Раубичека»), расположенные в оправе, или тест-объекты 5 («кольца Ландольта», детские картинки, буквы русского алфавита, лучистая фигура, четырехточечный тест, «тест Шобера»), размещенные на вращающемся лимбе. Зеркало 6 обеспечивает излом оптической оси на 90° .

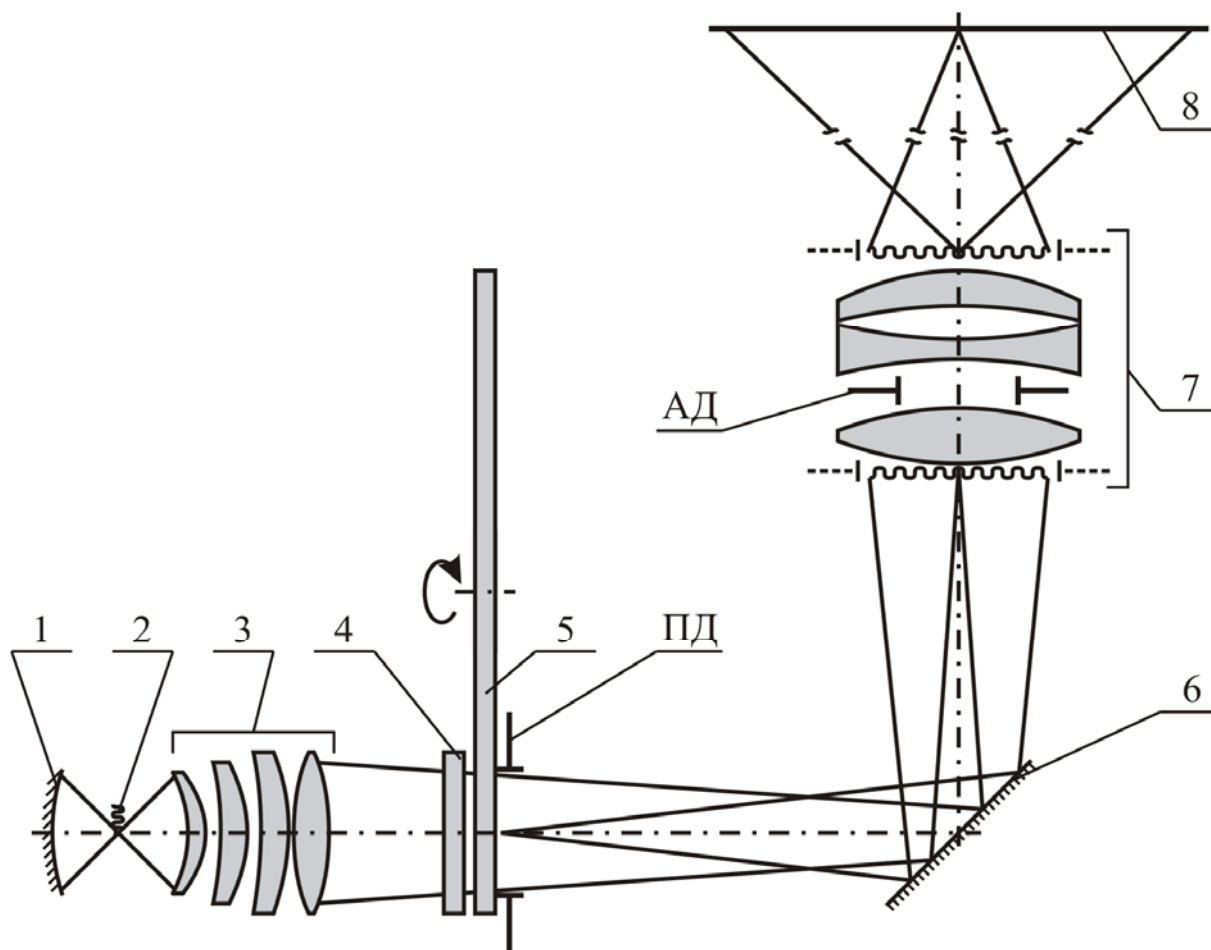


Рис. 4.5. Оптическая схема прибора.

Для увеличения светового потока, проходящего в передающий канал, служит отражатель 1: нить лампы 2 размещается выше оптической оси канала, в центре сферической поверхности отражателя 1. Отражатель изображает эту нить ниже оптической оси, удваивая тем самым размеры тела накала.

Удвоенное изображение тела накала лампы 2 получается во входном зрачке передающего канала, примерно на преле объектива 7 (см. рис. 4.5). Изображение тест-объекта 4 или 5 переносится на диффузно отражающий экран 8 объективом 7. Диафрагма ПД служит для ограничения поля зрения объектива 7. Зеркало 6 обеспечивает компактность оптической головки прибора. Таким образом, оптическая система диапроекции конструируется по Келлеру.

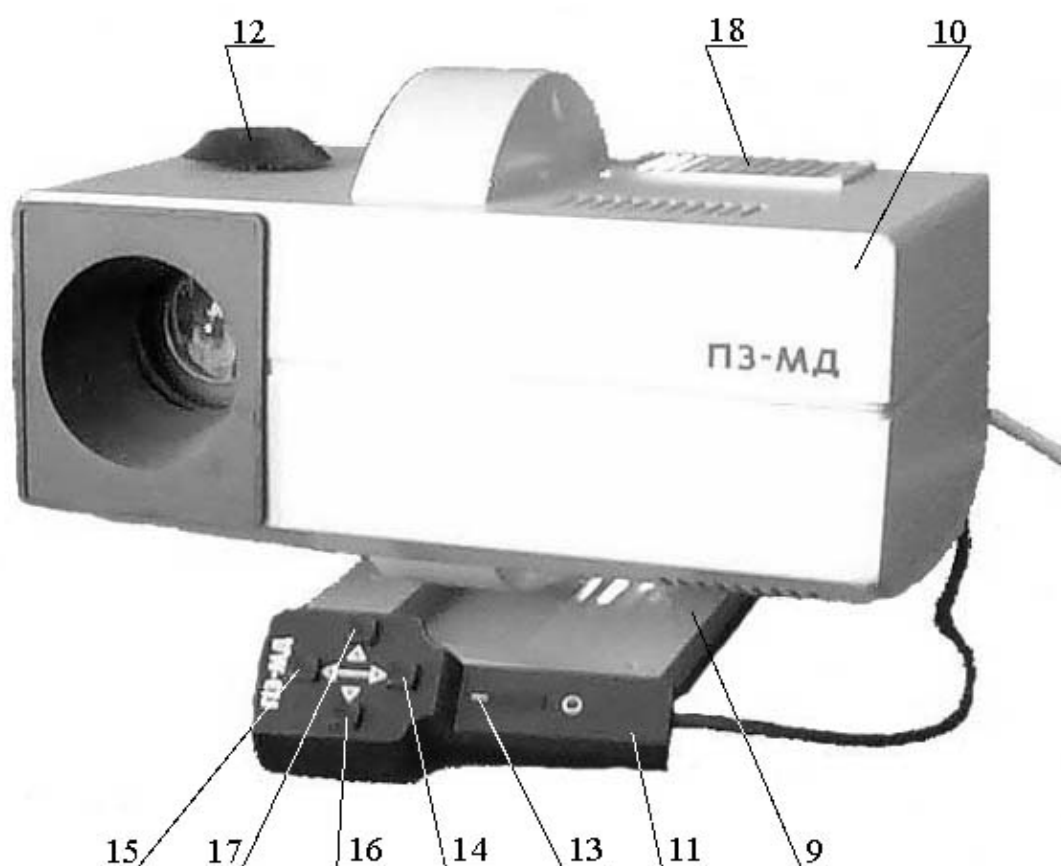


Рис. 4.6. Проектор зрительных знаков

Проектор знаков ПЗ-МД (рис.4.6) состоит из следующих блоков: основание 9, оптическая головка 10 и дистанционный пульт управления 11. Оптическая головка 10 содержит кинематическую систему и блок питания. Оптическая головка прибора установлена на двух горизонтальных осях, закрепленных в кронштейне основания 9. За счет поворота оптической головки имеется возможность смещения изображения на экране, находящемся на расстоянии 5 м по горизонтали и на 500 мм вверх по вертикали. Поворот осуществляется при установке проектора. Наводка на

резкость производится поворотом рукоятки 12 при установке проектора на рабочее место. На корпусе оптической головки предусмотрены разъемы для подключения кабеля и дистанционного пульта управления. Прибор включается тумблером в положении «включено».

Ввод тест-объектов осуществляется от двигателя ДПМ-25 через редуктор с передаточным числом 1008. Поворот астигматических фигур вокруг своей оси осуществляется от другого двигателя через редуктор с передаточным числом 576.

На дистанционный пульт 11 управления вынесены: кнопка 13, включающая проекционную лампу; кнопки 14 и 15 управления вращением лимба по часовой стрелке или против часовой стрелки; кнопки 16 и 17 управления вращением астигматических фигур «черный симметричный крест» и «стрела Раубичека».

3. Методика работы с прибором ПЗ-МД

3.1. Подключить кабель и дистанционный пульт управления к прибору. Подключить вилку кабеля к сети 220 В. Розетка должна иметь заземляющий контакт. Включить прибор тумблером и установить переключатель дистанционного пульта 11 управления в положение «ВКЛЮЧЕНО».

3.2. Проверить и при необходимости отрегулировать осветительную систему. Для этого приложить к объективу лист белой бумаги. На нем появятся два изображения тела накала лампы. В случае несоответствия картины этому рисунку обратиться к преподавателю и совместно отрегулировать осветительную систему. Для этого снять крышку 18, отвернув два винта. Откорректировать расположение лампы в патроне с помощью пинцета, входящего в комплект. Перемещать патрон с лампой по вертикали, вращая соответствующий винт за головку «влево – вправо» до тех пор, пока изображение тела накала лампы не появится в плоскости бленды.

3.3. Включить прибор тумблером и проверить соответствие масштаба проекции и расстоянию до экрана. Пользуясь дистанционным пультом 11 управления, вывести изображения тест-объектов из набора последовательно на экран и составить таблицу 4.1. тест-объектов.

Таблица 4.1. Протокол исследования тест-объектов

№	наименование	эскиз	методика исследования
1			
...			
<i>n</i>			

4. Исследования методами визометрии и субъективной рефрактометрии

4.1. Визометрия

Визометрия – это субъективный метод исследования остроты зрения без оптической коррекции по критерию максимальной остроты зрения.

Приборное обеспечение: проектор зрительных знаков, оклюдор.

4.1.1. Провести анамнестический опрос пациента, выяснив, пользуется ли он средствами оптической коррекции зрения. Снять очки.

4.1.2. Усадить пациента рядом с прибором, несколько впереди прибора. Пользуясь дистанционным пультом 11 управления, вывести на экран изображение опто типа «кольца Ландольта» или «буквы», соответствующее наивысшей остроте зрения. Вращая рукоятку 12, добиться четкого изображения опто типа на экране.

Пользуясь дистанционным пультом 11 управления, выводить на экран последовательно, начиная с верхнего ряда, опто типы «кольца Ландольта» или «буквы» до получения наивысшей остроты зрения правого (*OD*), левого (*OS*) и парных (*OU*) глаз. Значение остроты зрения считывается на экране. Исследование прервать, когда пациент неправильно назовет требуемое число опто типов данного ряда (см. раздел 1, п. 1.7).

4.1.3. Записать результаты визометрии, например, в следующем виде:

OD: Visus=1.0;

OS: Visus=1.0;

OU: Visus=1.0.

Такая запись означает, что оптическая коррекция аметропии не требуется.

4.1.4. Дать оценку используемых средств оптической коррекции. Для этого ввести в поле зрения дуохромный тест (см. рис. 4.2), пользуясь дистанционным пультом 11 управления.

4.1.5. Попросить пациента надеть используемые средства оптической коррекции (очки, контактные линзы).

4.1.6. Попросить пациента наблюдать дуохромный тест сначала правым, а затем левым глазом. Если пациент видит более четко «крючки Снеллена» на зеленом фоне, установка исследуемого глаза гиперметропическая: отрицательную корригирующую линзу следует ослабить, а положительную усилить. Если же более четко видны опто типы на красном фоне, установка миопическая: отрицательную линзу следует усилить, а положительную ослабить. При полной коррекции аметропии опто типы представляются одинаково четкими вне зависимости от фона. Эмметропический (соразмерный) глаз, не требующий применения средств

оптической коррекции, может, тем не менее, демонстрировать и миопическую, и гиперметропическую установки.

При обнаружении у пациента аметропии провести субъективную рефрактометрию.

4.2. Субъективная рефрактометрия

Субъективная рефрактометрия – это субъективный метод исследования остроты зрения вдаль с подбором оптической (очковой) коррекции по критерию максимальной остроты зрения.

Приборное обеспечение: проектор зрительных знаков, набор пробных очковых линз, пробная очковая оправа (далее – пробная оправа), оклюдор.

4.2.1. При наличии у пациента аметропии попросить его снять очки (контактные линзы) и указать параметры оптической коррекции.

4.2.2 Провести визометрию для правого и левого глаз до получения максимальной остроты зрения.

4.2.3. Приложить к каждому из глаз пробное стекло +1 дптр.

Если острота зрения возрастет, у пациента гиперметропия и при подборе очковой коррекции следует пользоваться стигматическими пробными очковыми линзами (далее – пробные линзы) с положительной рефракцией.

Если острота зрения снизится, у пациента миопия и при подборе очковой коррекции следует пользоваться стигматическими пробными линзами с отрицательной рефракцией.

4.2.4. Протереть пробную оправу трехпроцентным раствором перекиси водорода. Привести пробную оправу в соответствие с антропометрическими параметрами лица пациента.

4.2.5. Подобрать оптическую коррекцию, меняя стигматические пробные линзы, по критерию максимальной остроты зрения с коррекцией не менее 0.8 (с учетом данных п. 4.2.1).

4.2.6. Проверить оптимальность подбора оптической коррекции с помощью дуохромного теста (см. п. 4.1.6).

4.2.7. Записать результаты визометрии, например, в следующем виде:

OD: Visus=0.4 +/-2.0 dnmp=1.0

OS: Visus=0.6 +/-2.0 dnmp=1.2

OU: Visus=0.6 +/-2.0 dnmp=1.2

Если острота зрения вдаль с оптической коррекцией менее 0.8, это указывает на присутствие правильного астигматизма или нарушения функций бинокулярного зрения (косоглазие).

5. Исследование правильного астигматизма

Данные исследования проводятся для каждого из парных глаз при условии, что известны результаты субъективной рефрактометрии (параметры стигматической пробной линзы).

Приборное обеспечение: проектор знаков ПЗ-МД, набор пробных очковых линз, пробная очковая оправа.

5.1. Если пациент - миоп или гиперметроп, то попросить его надеть соответствующие очки (контактные линзы).

5.2. Провести ориентировочное исследование каждого из парных глаз. Для этого, пользуясь кнопками 14, 15 дистанционного пульта 11 управления (см. рис. 4.6), вывести на экран лучистую фигуру (см. рис. 4.3 а). Предъявить пациенту лучистую фигуру в составной схеме по рис. 4.7, то есть со стигматической пробной линзой. Если пациент видит все лучи одинаково четко каждым из парных глаз (или одинаково, но не очень сильно размытыми), то либо нет правильного астигматизма, либо он равномерно смешанный, то есть на сетчатке расположен круг наименьшего рассеяния.

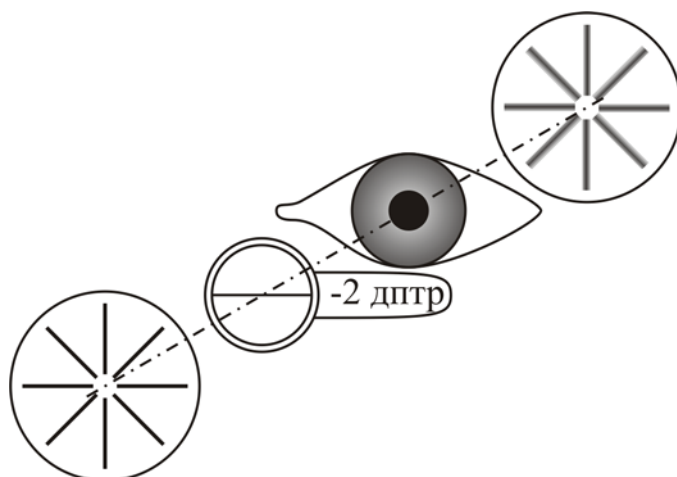
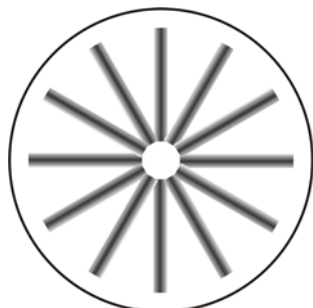
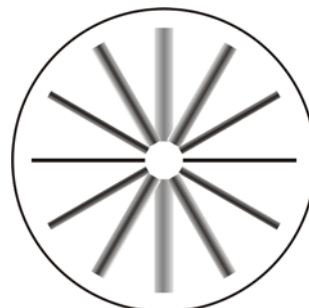


Рис.4.7. Схема ориентировочного исследования правильного астигматизма

5.3. Зарисовать наблюдаемую картину (рис. 4.8) и продолжить исследование.



а) Неастигматический глаз или равномерно смешанный правильный астигматизм



б) Глаз с правильным астигматизмом

Рис. 4.8. Варианты зрительного восприятия лучистой фигуры

5.4. Выяснить, какой вариант имеет место. Для этого установить перед исследуемым глазом стигматическую пробную линзу +1.0 дптр (ввести миопизацию искусственно) (рис. 4.9). Как результат, в астигматическом глазу обе фокальные линии расположатся перед сетчаткой. При этом ближе к ней окажется «слабое» сечение, направление фокальной линии которого совпадает с «сильным» сечением. Глаз переводится в состояние простого миопического астигматизма.

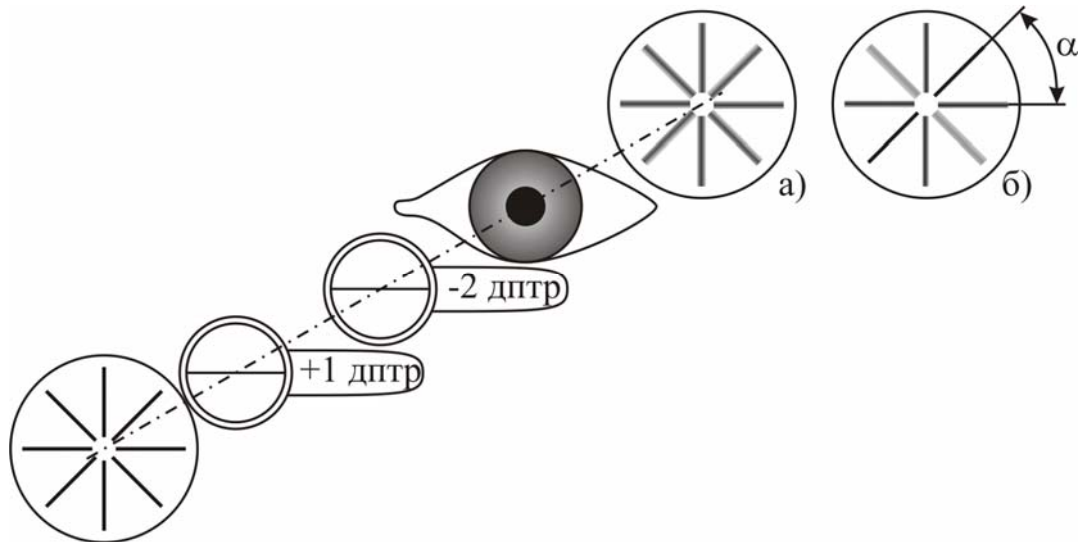


Рис. 4.9. Схема миопизации (ввод «затуманивания»)

При отсутствии правильного астигматизма вся лучистая фигура покажется или более четкой или более размытой (рис. 4.9 а).

Если имеет место правильный астигматизм, то два противоположных луча или сектора лучей видятся более четкими. Их направления совпадают с направлением фокальной линии более сильно преломляющего («сильного») главного меридиана астигматического глаза (рис. 4.9 б).

5.5. Установить в пробную оправу слабую положительную цилиндрическую пробную линзу («цилиндр») так, чтобы направление оси цилиндра совпало с направлением фокальной линии «сильного» главного меридиана астигматического глаза (рис. 4.10). В результате рефракция «сильного» сечения остается неизменной (не корректируется), в то время как рефракция «слабого» сечения усиливается и оно приближается к «сильному» сечению глаза.

5.6. Подбором положительных астигматических пробных линз добиться одинаковой нечеткости лучей и в «сильном», и в «слабом» меридиональных сечениях.

5.7. Удалить стигматическую пробную линзу с рефракцией +1 дптр. Лучистая фигура при этом покажется пациенту одинаково резко видимой.

5.8. Определить ориентировочно вид, тип, степень и угол оси α правильного астигматизма.

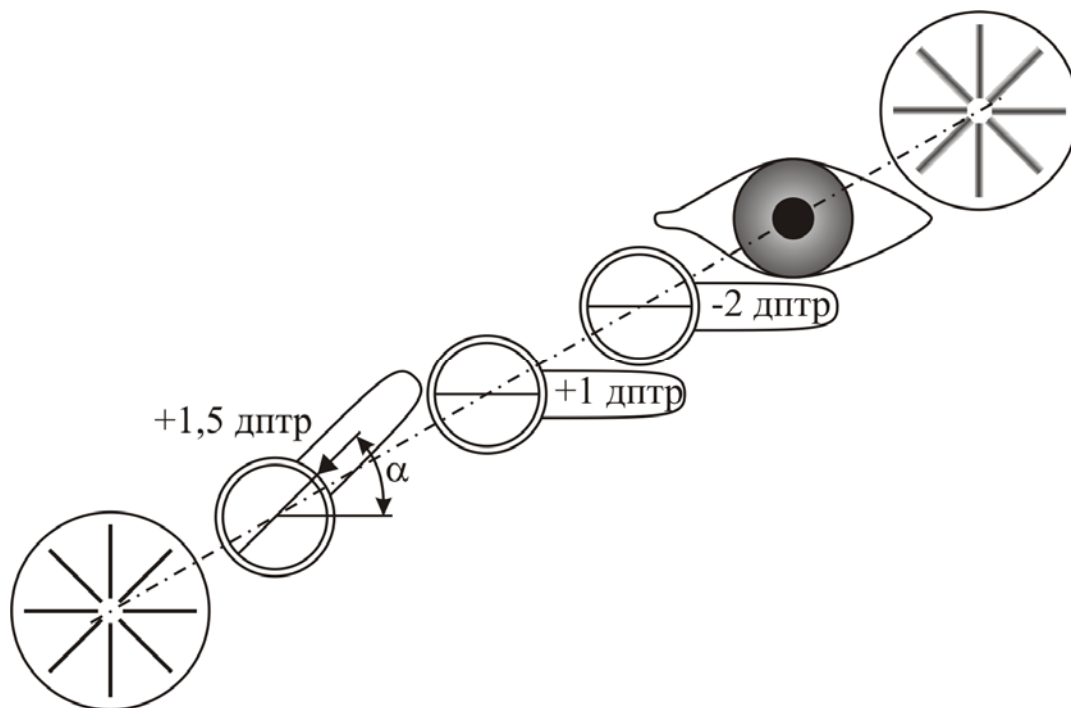


Рис. 4.10. Схема подбора коррекции правильного астигматизма

5.9. Уточнить значение угла оси α . Ввести в поле зрения «стрелу Раубичека». В составной системе согласно рис. 4.9 (без астигматического пробного стекла) предъявить исследуемому глазу «стрелу Раубичека», установив ее вершину по направлению четко видимого луча нажатием кнопок 16 и 17 дистанционного пульта 11 управления (см. рис. 4.6). При этом пациент видит всю стрелу размытой, но имеется маленький черный участок, который находится на одном из ее плеч, вблизи вершины. Привести черный участок на вершину стрелы, вращая последнюю с помощью кнопок 16 и 17 дистанционного пульта 11 управления. При этом стрела точно укажет положение «сильного» главного меридиана. Показания считываются оператором по шкале ТАБО на экране (рис. 4.11).
 5.10. Зарисовать наблюдаемую картину (см. рис. 4.11).

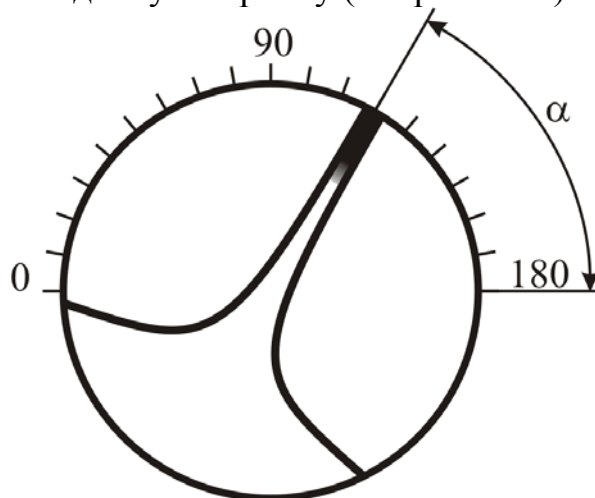


Рис.4.11. Уточнение угла оси

5.11. Уточнить степень правильного астигматизма, то есть астигматическую разность корригирующей цилиндрической пробной линзы, работая в составной системе, показанной на рис.4.10. Для этого предъявить пациенту астигматическую фигуру «черный симметричный крест» (крест), линии которого необходимо точно ориентировать в соответствии с результатом п. 5.9.

5.12. Если коррекция правильного астигматизма оптимальна, то шпалы «креста» кажутся пациенту одинаково размытыми (рис. 4.12 а). В противном случае одна из шпал видится пациенту более резкой (рис. 4.12 б). Тогда следует вводить в пробную оправу дополнительные астигматические пробные линзы, ориентированные по уточненному углу оси α , до тех пор, пока линии «креста» не станут одинаково размытыми. Подбирая пробная линза уточнит степень правильного астигматизма.

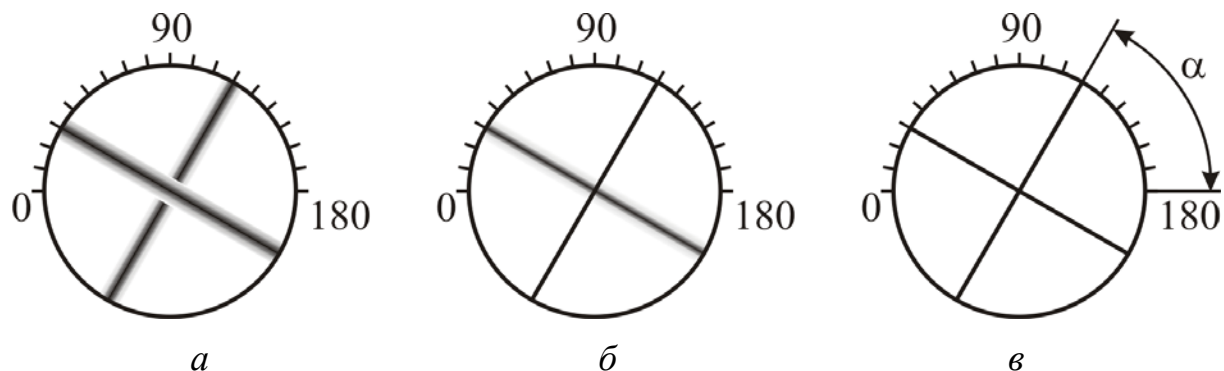


Рис. 4.12. Уточнение степени правильного астигматизма

5.13. Если теперь убрать «затуманивающее» стигматическую пробную линзу, шпалы креста видятся пациенту одинаково резко (рис. 4.12 в). Зарисовать наблюдаемую картину. Запротоколировать результат исследований. В приведенном примере имеет место правильный астигматизм с прямыми осями (угол оси $\alpha \leq 30^\circ$). Ближний к вертикали первый главный меридиан обнаружил миопию степени $A_{Rmax} = -3,5$ дптр, второй главный меридиан – миопию степени $A_{Rmin} = -2$ дптр, Следовательно, имеет место сложный миопический правильный астигматизм прямого вида. Астигматическая разность $A_S = A_{Rmax} - A_{Rmin} = -1,5$ дптр.

5.14. Повторить исследования правильного астигматизма для парного глаза пациента.

5.15. Поменяться местами и повторить исследования по пунктам 4 и 5.

6. Исследование характера бинокулярного зрения

При исследовании характера бинокулярного зрения пациенту предъявляются «тест Шобера» и четырехточечный тест (см. рис. 4.4) в стандартизованной составной системе.

Приборное обеспечение: прибор ПЗ-МД, набор пробных очковых линз, пробная очковая оправа, анаглифические очки.

6.1. Протереть анаглифические очки трехпроцентным раствором перекиси водорода.

6.2. Если пациент – эметроп, попросить его надеть анаглифические очки. В противном случае в пробную оправу установить соответствующие пробные линзы, корректируя аметропию, и помимо них перед правым глазом установить зеленый, а перед левым – красный световой фильтр из набора пробных очковых стекол.

6.3. С помощью пульта 11 управления прибора ПЗ-МД вывести на экран изображение «теста Шобера».

Если пациент видит крест смещенным от центра колец, то имеется гетерофория (косоглазие). Смещение креста вправо относительно центра колец означает эзофорию (косоглазие по расходящемуся типу). Смещение креста влево означает экзофорию (косоглазие по сходящемуся типу). Смещение креста вверх или вниз означает присутствие вертикальной фории (рис. 4.13). Отклонение изображения зеленого креста противоположно отклонению глаза, перед которым находится зеленое стекло. Попросить пациента указать и зарисовать расположение креста относительно колец.

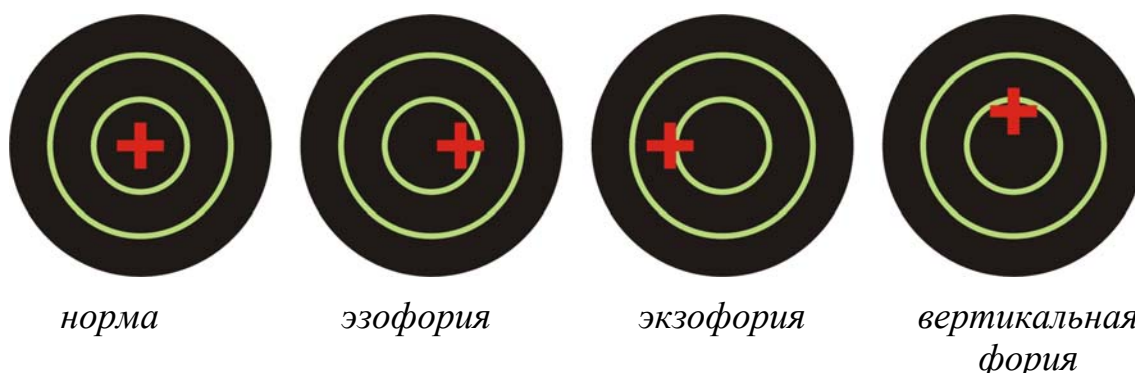


Рис. 4.13. Исследование характера бинокулярного зрения

6.4. Измерить степень гетерофории по указанию преподавателя. Для этого устанавливать в одно из гнезд пробной оправы призматические пробные линзы. Линию «вершина – основание» линзы ориентировать в плоскости отклонения визирной линии глаза. Вращая ушко пробной призматической линзы направить основание последней (символ «стрелка») в сторону отклонения изображения глаза, перед которым установлена линза (то есть ориентировать основание «призмы» в сторону, обратную отклонению глаза). Повторять операцию с разными призматическими пробными линзами до тех пор, пока крест, по мнению пациента, не окажется в центре колец. Параметр пробной линзы, индексированный на ушке, покажет величину гетерофории в призматических диоптриях (прдптр).

- 6.5. Удалить призматическую пробную линзу (если она была установлена).
- 6.6. С помощью кнопок 14 и 15 пульта управления 11 вывести на экран изображение четырехточечного теста (рис. 4.14 а).

Попросить пациента зарисовать наблюдаемую картину.

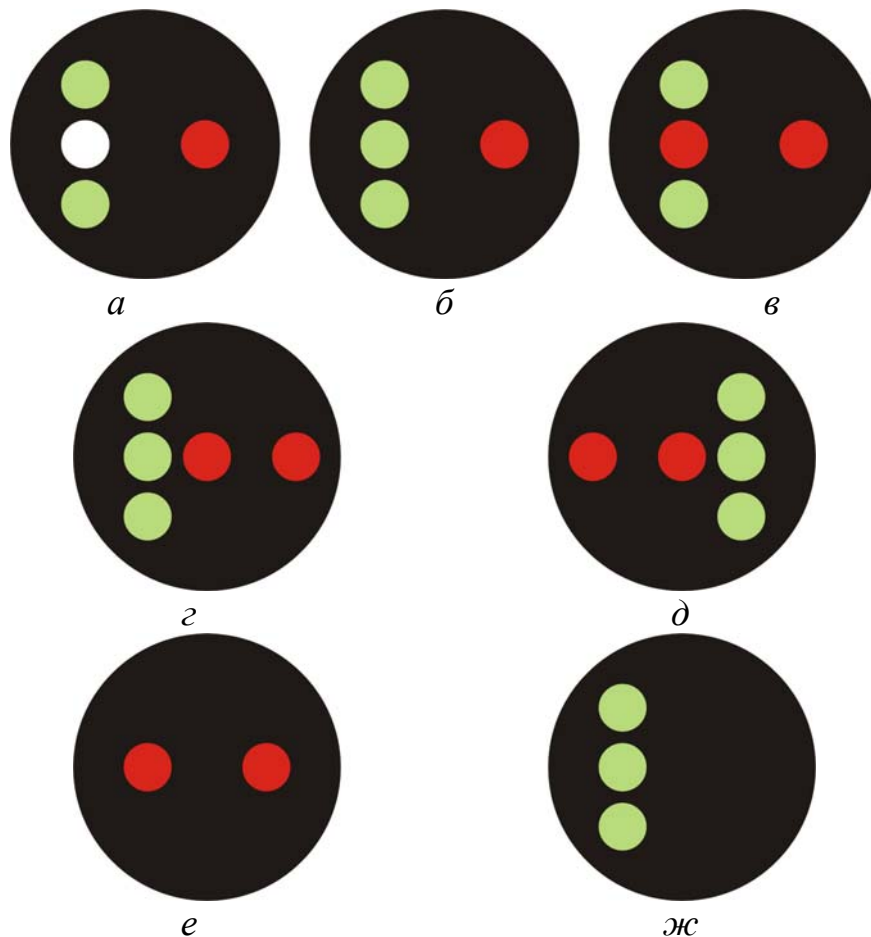


Рис. 4.14. Варианты картины, наблюдаемой пациентом

Если пациент видит четыре светящихся кружка, зрение у него безупречное. Если три из этих кружков видятся ему зелеными, а один красным, то ведущий глаз левый (рис. 4.14 б). Если наблюдается два зеленых кружка и два красных – то ведущий глаз правый (рис. 4.14 в). Если пациент видит пять кружков (рис. 4.14 г, д), то имеет место одновременное зрение. Если же он видит три зеленых или только два красных (рис. 4.14 е, ж), то у него монокулярное зрение.

При наличии одновременного зрения по взаимному расположению кружков определяют характер косоглазия: если красные кружки смещены вправо, косоглазие сходящееся, если влево – расходящееся, если вверх или вниз – вертикальное.

6.7. Охарактеризовать состояние бинокулярного зрения по результатам исследований.

6.8. Поменяться местами и повторить исследования по пункту 6.

7. Начертить оптические схемы осветительного и наблюдательного каналов прибор ПЗ-МД с ходом апертурного и главного лучей. Оформить принципиальные оптические схемы примененных в работе составных систем. Сделать выводы по результатам лабораторной работы.

Содержание отчета

1. Назначение и медико-технические требования к прибору «Проектор зрительных знаков» по стандартам *ISO*. Блок-схема устройства прибора ПЗ-МД.
2. Таблица сравнения технических характеристик прибора ПЗ-МД с медико-техническими требованиями по стандартам *ISO*.
3. Таблица с рисунками тест-объектов (см. табл. 4.1).
4. Оптическая схема прибора ПЗ-МД с ходом апертурного и главного лучей.
5. Принципиальные оптические схемы составных систем исследования аметропии, правильного астигматизма и характера бинокулярного зрения. Вид соответствующих полей зрения каждого из пациентов (см. рис. 4.8, 4.11÷4.14).
6. Техническая характеристика приборного обеспечения составных систем по пункту 3. Конструкция пробных очковых линз, примененных в исследованиях.
7. Выводы по работе: Соответствие прибора ПЗ-МД стандартам *ISO*; результаты исследования визометрии, субъективной рефрактометрии, правильного астигматизма и гетерофории, а также характера бинокулярного зрения.

Вопросы

1. Какие функции монокулярного и бинокулярного зрения исследуются, а какие ставятся в стандартные условия в ходе выполнения лабораторной работы?
2. Дать техническую характеристику аметропии и правильного астигматизма.
3. Дать техническую характеристику составных оптических систем визометрии, субъективной рефрактометрии, исследования правильного астигматизма и характера бинокулярного зрения.
4. Какова связь композиции составных систем по пункту 5 со стандартизированной схемой очковой коррекции?
5. Как взаимосвязаны субъективные методики исследования функций монокулярного и бинокулярного зрения, и почему возможно их разделение в пространстве и во времени?

6. Как расположить ось цилиндрического астигматического пробного стекла, чтобы после миопизации вести подбор с положительной (отрицательной) астигматической разностью и почему следует выбрать то или иное расположение оси «цилиндра»?
7. Дать техническую характеристику проектора зрительных знаков ПЗ-МД.

Литература

1. Волков В. В., Горбань А. И., Джалиашвили О. А. Клиническая визо- и рефрактометрия.- Л.: Медицина, Ленинградское отделение, 1978.- 263с.
2. Розенблюм Ю. З. Оптометрия.- СПб.: Гиппократ, 1996,- 263 с.
3. Черкасова Д. Н. Офтальмологическая оптика. Курс лекций.- СПб.: СПб ГИТМО (ТУ). 2001.-189 с.
4. Проскурина О.В. Использование проекторов знаков в практике подбора очков.\\ Вестник оптометрии.- 2004, № 1, с.61 - 64, № 2 с. 62 - 65.
5. *ISO 10938:2000 Ophthalmic instruments – Chart projectors.;*
6. *ISO 8596:2009 Ophthalmic optic – Visual acuity testing – Standard optotype and its presentation;*
7. *ISO 8597:1994. Optic and optical instruments - Visual acuity testing – Method of correlating optotypes.*

Лабораторная работа № 5

ДИОПТРИМЕТР

Цель работы: Освоение методик измерений технических параметров очковых линз и очков за диоптриметром и методом нейтрализации.

Задание для работы

1. Ознакомиться с классификацией очковых линз.
2. Изучить назначение и принцип действия диоптриметра ДО-2 и методику работы за прибором.
3. Измерить задние вершинные рефракции стигматических очковых линз. Определить и маркировать положение оптического центра очковых линз.
4. Измерить призматическое действие призматических и децентрированных очковых линз. Определить и маркировать направление линии "вершина-основание" призматических очковых линз в оправе.
5. Измерить задние вершинные рефракции, рассчитать астигматическую разность и определить направления главных меридиональных сечений астигматических очковых линз. Определить и маркировать положение направлений главных меридиональных сечений астигматических очковых линз.
6. Определить вид и рефракцию очковых линз методом нейтрализации.
7. Оформить схему измерения очковой линзы за прибором ДО-2 и методом нейтрализации по указанию преподавателя.
8. Сделать выводы по результатам лабораторной работы. Оформить рецепт на очки.

1. Классификация очковых линз

Очки – это индивидуальный оптический офтальмологический прибор, применяемый для коррекции аметропии, расстройств аккомодации и мышечного аппарата глаз, а также как средство защиты. Корректирующие очки состоят из пары фацетированных очковых линз и оправы, обеспечивающей стандартизованное расположение этих линз относительно глаз индивидуума.

При классификации корректирующих очковых линз применяют термины и обозначения по ГОСТ 30808-2002/51044-97. В работе измеряются технические параметры стигматических, астигматических и призматических очковых линз. Как правило, очковые линзы имеют форму мениска.

Стигматические очковые линзы образованы двумя сферическими поверхностями и сводит параллельный пучок параксиальных лучей в точку, задний фокус F' (рис. 5.1).

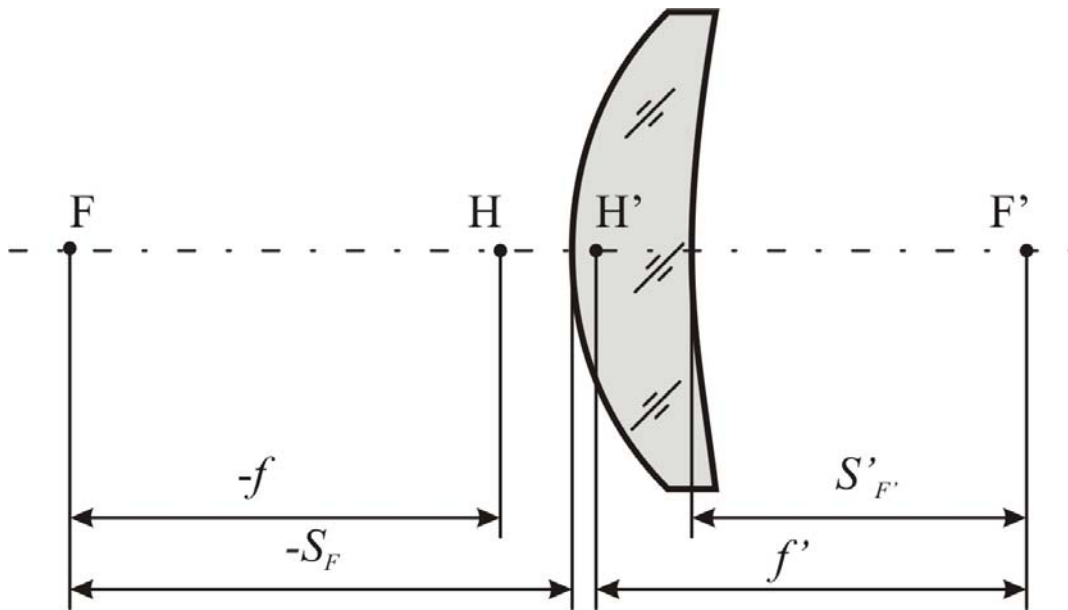


Рисунок 5.1. Обозначение основных отрезков очковых линз

Расстояние от передней главной точки H до переднего фокуса F называется передним фокусным расстоянием f [мм]. Расстояние от передней поверхности очковых линз до его переднего фокуса называется передним фокальным отрезком S_F [мм]. Величина, обратная переднему фокальному отрезку S_F , называется передней вершинной рефракцией очковой линзы D и измеряется в диоптриях [дптр]:

$$D = 1000 / S_F. \quad (5.1)$$

Расстояние от задней главной точки H' до заднего фокуса F' называется задним фокусным расстоянием f' [мм]. Расстояние от задней поверхности очковой линзы до его заднего фокуса называется задним фокальным отрезком $S'_{F'}$ [мм]. Величина, обратная заднему фокальному отрезку, называется задней вершинной рефракцией D' [дптр] очковой линзы:

$$D' = 1000 / S'_{F'}. \quad (5.2)$$

Астигматическая очковая линза сводит параллельный пучок параксиальных лучей в двух главных сечениях в две отдельные фокальные линии, взаимно перпендикулярные друг другу и, следовательно, имеет по две главных вершинных рефракции.

Перпендикулярные сечения линзы, которые содержат оптическую ось и в которых задняя вершинная рефракция принимает максимальное и минимальное значения называются главными меридиональными сечениями. Первым главным меридиональным сечением называют такое главное сечение, в котором задняя вершинная рефракция принимает наименьшее по алгебраической величине значение.

Первому главному меридиональному сечению астигматической

очковой линзы соответствует фокальная линия, параллельная второму главному сечению. Второе главное сечение астигматической очковой линзы перпендикулярно первому. Второму главному сечению соответствует фокальная линия, параллельная первому главному сечению. Если одна из вершинных рефракций нулевая, соответствующая фокальная линия располагается на бесконечности.

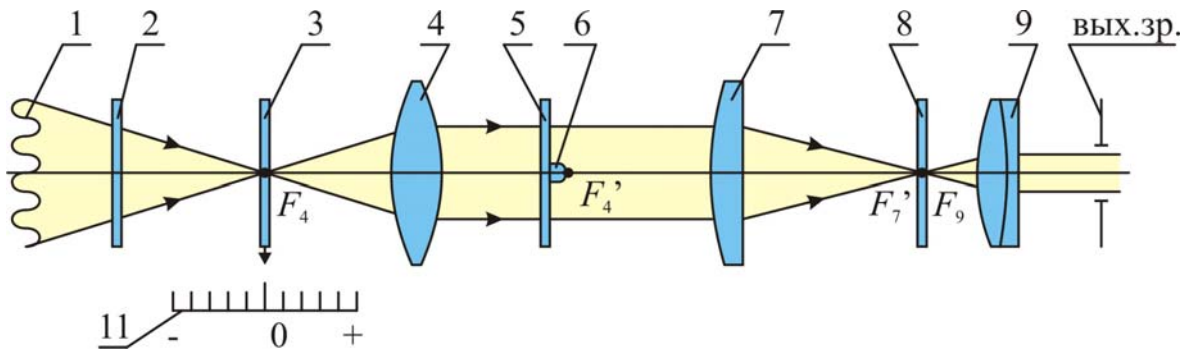
Линзы, называемые тороидальными, сфероцилиндрическими и битороидальными являются астигматическими.

2. Назначение и принцип действия окулярного диоптриметра ДО-2

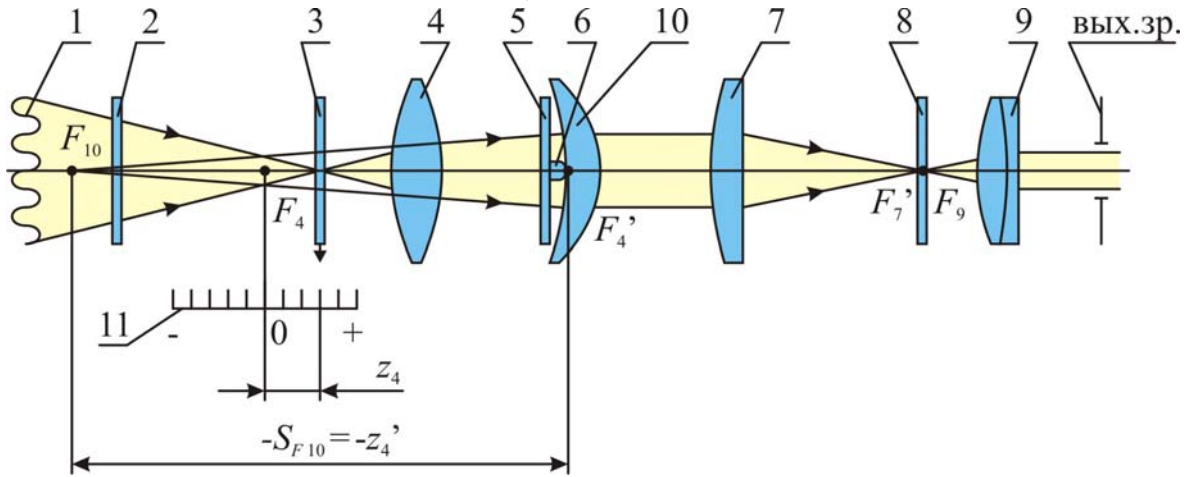
Диоптриметр – это прибор, применяемый для измерения задних вершинных рефракций стигматических и астигматических очковых линз, а также их призматического действия. Прибор позволяет маркировать оптический и номинальный центры линз, направления главных сечений астигматических линз и направление линии "вершина - основание" призматических и децентрированных очковых линз. С помощью диоптриметра можно измерить оптические параметры готовых очков. Окулярный диоптриметр включает в себя осветительный, наблюдательный каналы, а также отсчетный канал с отсчетным микроскопом и классифицируется как диоптриметр с аналоговым отсчетом.

Принцип действия наблюдательного канала диоптриметра показан на рис. 5.2. Основными компонентами наблюдательного канала являются метрологический объектив 4, тубусная линза 7, составная сетка 8 и окуляр 9. Перед объективом 4 расположена подвижная марка 3 («ожерелье»), освещаемая осветителем 1 через светофильтр 2. Между метрологическим объективом 4 ($f'_4=25,0$ мм) и тубусной линзой 7 находится плоскопараллельная пластинка 5 с подставкой 6 для очковой линзы. Обращенный к тубусной линзе 7 торец подставки 6 находится в задней фокальной плоскости F'_4 объектива 4. При измерении очковую линзу 10 прижимают к подставке 6 задней вогнутой поверхностью.

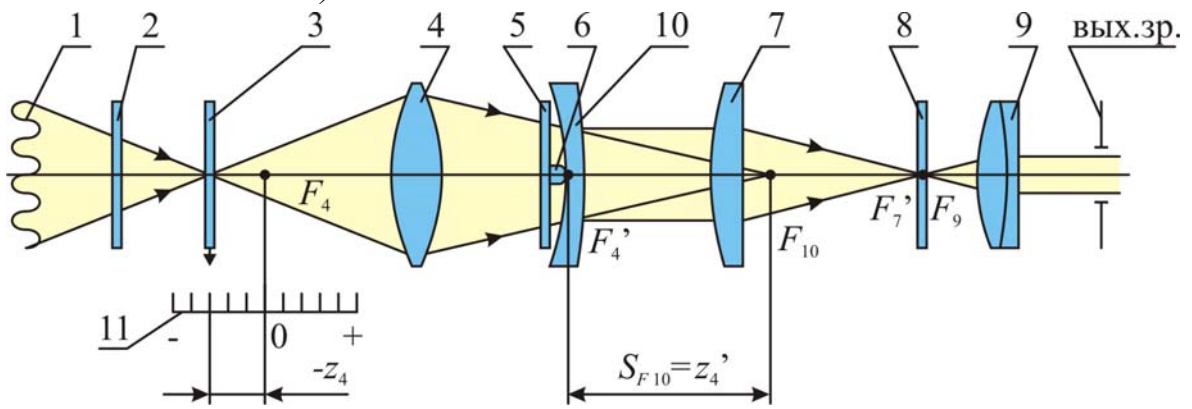
Если очковой линзы 10 нет на подставке 6 (рис. 5.2 а), наблюдатель, смотрящий в окуляр 9, увидит составную шкалу 8. Если подвижная марка 3 находится в переднем фокусе F_4 метрологического объектива 4, исходящие из всех точек этой марки световые лучи после прохождения через объектив 4 взаимно параллельны. Резкое изображение марки наложится на изображение составной сетки 8 (отсчет «0» по шкале 11 диоптрий). Необходимое глазу аметропа компенсационное схождение или расхождение лучей достигается соответствующей диоптрийной подвижкой окуляра 9. Таким образом, оптическая система наблюдательного канала прибора komponуется по схеме микроскопа с тубусной линзой.



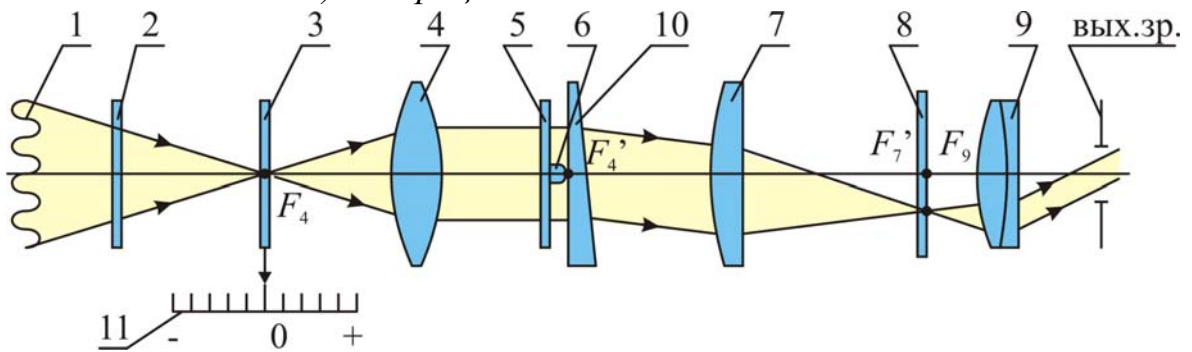
а) без испытуемой очковой линзы



б) с положительной очковой линзой



в) с отрицательной очковой линзой



г) с призматической очковой линзой

Рисунок 5.2. Наблюдательный канал окулярного диоптриметра

Если к агатовому наконечнику 6 прижать очковую линзу 10, наблюдатель, смотрящий через окуляр 9, увидит расплывчатое изображение марки 3. В момент снятия отсчета по диоптрийной шкале 11 марка 3 должна быть смещена в такое положение, чтобы ее изображение через метрологический объектив 4 находилось в переднем фокусе очковой линзы 10, и составного объектива 4, 10. Если очковая линза 10 положительна, марку 3 следует сдвинуть к метрологическому объективу 4 (рис. 5.2 б). Если очковая линза 10 отрицательна, марку 3 следует отодвинуть от метрологического объектива 4 (рис. 5.2 в).

Конфигурация марки 3 в форме «ожерелья» нечувствительна к оборачиванию изображения в системе 4, 10, 7, 9.

Составная оптическая система из метрологического объектива 4 и очковой линзы 10 не изменит размера изображения марки 3 в плоскости сетки 8 (рис. 5.2 б, в), если рефракция D_{Σ} каждой системы 4, 10 останется равной рефракции D_4 метрологического объектива 4: $D_{\Sigma}=D_4$. Как следствие линейное увеличение $\beta_{\Sigma}=-f'_{\Sigma}/f_{\Sigma}=-f'_{\Sigma}/f'_4$

Рефракция D_{Σ} каждой системы 4, 10 вычисляется по известной формуле:

$$D_{\Sigma} = D_4 + D_{10} - (d_2/n_3) D_4 \cdot D_{10},$$

где D_4, D_{10} – рефракции метрологического объектива 4 и очковой линзы 10, соответственно; $d_2=f'_4$ – расстояние между задней главной плоскостью метрологического объектива 4 и передней главной плоскостью очковой линзы 10; показатель преломления $n_3=1$. Переднюю главную плоскость очковой линзы 10 со значением рефракции $-D_{10}$ [дптр], или $+D_{10}$ [дптр], помещают в заднюю фокальную плоскость метрологического объектива 4 с рефракцией $D_4=1/f'_4$ [дптр], одновременно совмещая передний фокус F'_{Σ} составной оптической системы 4, 10 с передним фокусом F'_{10} очковой линзы. Так как $d_2=f'_4$ [м], то:

– для положительной очковой линзы (рис. 5.2 б):

$$D_{\Sigma} = D_4 + D_{10} - f'_4 \cdot D_4 \cdot D_{10} = D_4 + D_{10} - D_{10} = D_4;$$

– для отрицательной очковой линзы (рис. 5.2 в):

$$D_{\Sigma} = D_4 - D_{10} + f'_4 \cdot D_4 \cdot D_{10} = D_4 - D_{10} + D_{10} = D_4.$$

Таким образом, с вводом любой очковой линзы создается двухкомпонентный объектив 4, 10 с такой же по величине рефракцией ($f'_{\Sigma}=f'_4$), как у метрологического объектива 4, независимо от рефракции очковой линзы 10. Но отрицательная очковая линза смещает главные плоскости составной оптической системы влево (рис. 5.2 в), а

положительная – вправо (рис. 5.2 б). Чтобы восстановить резкость изображения марки 3 в плоскости сетки 8, необходимо сместить марку 3 влево или вправо соответственно. При этом размер изображения марки 3 на сетке 8 не изменится ($\beta_{\Sigma} = -f'_{\Sigma} / f'_{\Sigma} = -f'_{\Sigma} / f'_{\Sigma}$)

По известной формуле Ньютона для метрологического объектива 4:

$$z_4 \cdot z'_4 = -f_4'^2, \quad (5.3)$$

где: z_4 – расстояние от переднего фокуса объектива 4 до марки 3, z'_4 – расстояние от заднего фокуса объектива 4 до создаваемого им изображения марки 3.

Так как вогнутая поверхность очковой линзы 10 совпадает с задним фокусом объектива 4, то:

$$z'_4 = S_{F_{10} \text{изм}}. \quad (5.4)$$

Важно отметить, что очковые линзы устанавливаются в диоптриметр обратно своему рабочему положению, т.е. в обратном ходе. Фактически в процессе измерения определяется передняя вершинная рефракция очковой линзы $S_{F_{10} \text{изм}}$. Но, так как все очковые линзы в процессе их использования располагаются наоборот – вогнутой стороной к глазу, то очевидно, что:

$$S'_{F_{10}} = -S_{F_{10} \text{изм}}. \quad (5.5)$$

С учетом выражений 5.2 – 5.5, заднюю вершинную рефракцию очковой линзы 10 можно найти по формуле:

$$D'_{10} = 1000 z_4 / f_4'^2, \text{ дптр}. \quad (5.6)$$

Таким образом, шкала 11 диоптрий линейна и нормируется в задних вершинных рефракциях очковых линз 10. Отсчетный индекс связан с перемещением марки 3 вдоль оптической оси наблюдательного канала. Шкала 11 с индексом находится в плоскости предметов канала снятия отсчета диоптриметра.

Если к подставке 6 прижать призматическое очковую линзу 10, наблюдатель, смотрящий в окуляр 9, увидит изображение марки 3 практически резко при отсчете «0» по шкале 11 диоптрий (рис. 5.2 з). При этом, однако, вообще не удастся вывести изображение марки 3 в центр поля зрения сетки 8. Причина в том, что оптический клин, каковым является призматическая очковая линза, отклоняет параллельные пучки лучей к своему основанию, и они идут наклонно к оптической оси наблюдательного канала.

В случае измерения астигматических и призматических очковых линз в оправе необходимо находить и маркировать направление их главных меридианов или направление линии «вершина – основание» и только затем

проводить измерения задних вершинных рефракций, или призматического действия. Для этого неподвижный компонент 8-1 составной шкалы 8 снабжен градусной шкалой ТАБО. На одном из штрихов вращающегося вокруг оптической оси перекрестия 8-2 нанесена линейная шкала, градуированная в призмённых диоптриях (прдптр), причём $1 \text{ прдптр} \approx 34'$.

Таким образом, оптическая система диоптриметра выполняет свое назначение только в сочетании со стигматическим, астигматическим или призматическим очковыми линзами 10. При этом она должна иметь подвижную марку 3, осветительный 1, 2 и наблюдательный 3 – 9 каналы, а также канал снятия отсчета по диоптрийной шкале 11, связанный с перемещениями марки 3. Оптическая схема наблюдательного канала диоптриметра подобна микроскопу с тубусной линзой, и имеет следующие основные характеристики: видимое увеличение $\Gamma = -250 \cdot f_5 / (f'_4 \cdot f'_9)$; линейное поле в пространстве предметов $2 \cdot y_3$; числовая апертура A . Метрологическим параметром является заднее фокусное расстояние f'_4 метрологического объектива 4. Сетка наблюдательного канала должна состоять из неподвижной градусной шкалы 8-1 и вращающегося перекрестия 8-2 со шкалой, градуированной в призмённых диоптриях.

2.1. Оптическая система окулярного диоптриметра ДО-2

Оптическая система окулярного диоптриметра ДО-2 в разрезе представлена на рисунке 5.3.

Осветительный канал: 1 - лампа; 2 - световые фильтры; 12 - отражатель для освещения шкалы 11 диоптрий; 25 - красный прозрачный колпак – индикатор включения прибора. Таким образом, осветительный канал имеет одну лампу и три ветви. Освещение и марки 3, и шкалы диоптрий 11, и колпака – индикатора 25 осуществляется в недифрагмированном пространстве.

Наблюдательный канал: 3 - подвижная марка («ожерелье»); 4 - метрологический объектив; 5- плоскопараллельная пластина; 6- подставка (агатый стержень); тубусная линза 7, окуляр 9 с устройством компенсации аметропии оператора; составная сетка 8, которая включает в себя неподвижную градусную шкалу 8-1 ТАБО и вращающееся перекрестие 8-2 со шкалой призмённых диоптрий. Измерения производятся в составной системе «наблюдательный канал – очковая линза». Композиция составной оптической системы - микроскоп с тубусной линзой (рис. 5.2). По градусной шкале 8-1 ТАБО определяют расположение главных сечений астигматических очковых линз, а также направление линии «вершина – основание» призматических очковых линз в очковой оправе.

Канал снятия отсчета: 11 - шкала диоптрий с индексом; 13 - призма;

14 - отсчетный микроскоп. Шкала 11 движется согласованно с маркой 3. Оптическая система отсчетного микроскопа 14 состоит из объектива и окуляра с устройством компенсации аметропии оператора. При измерениях стигматических или астигматических очковых линз отсчеты снимают, наблюдая шкалу 11 и индекс в отсчетный микроскоп 14.

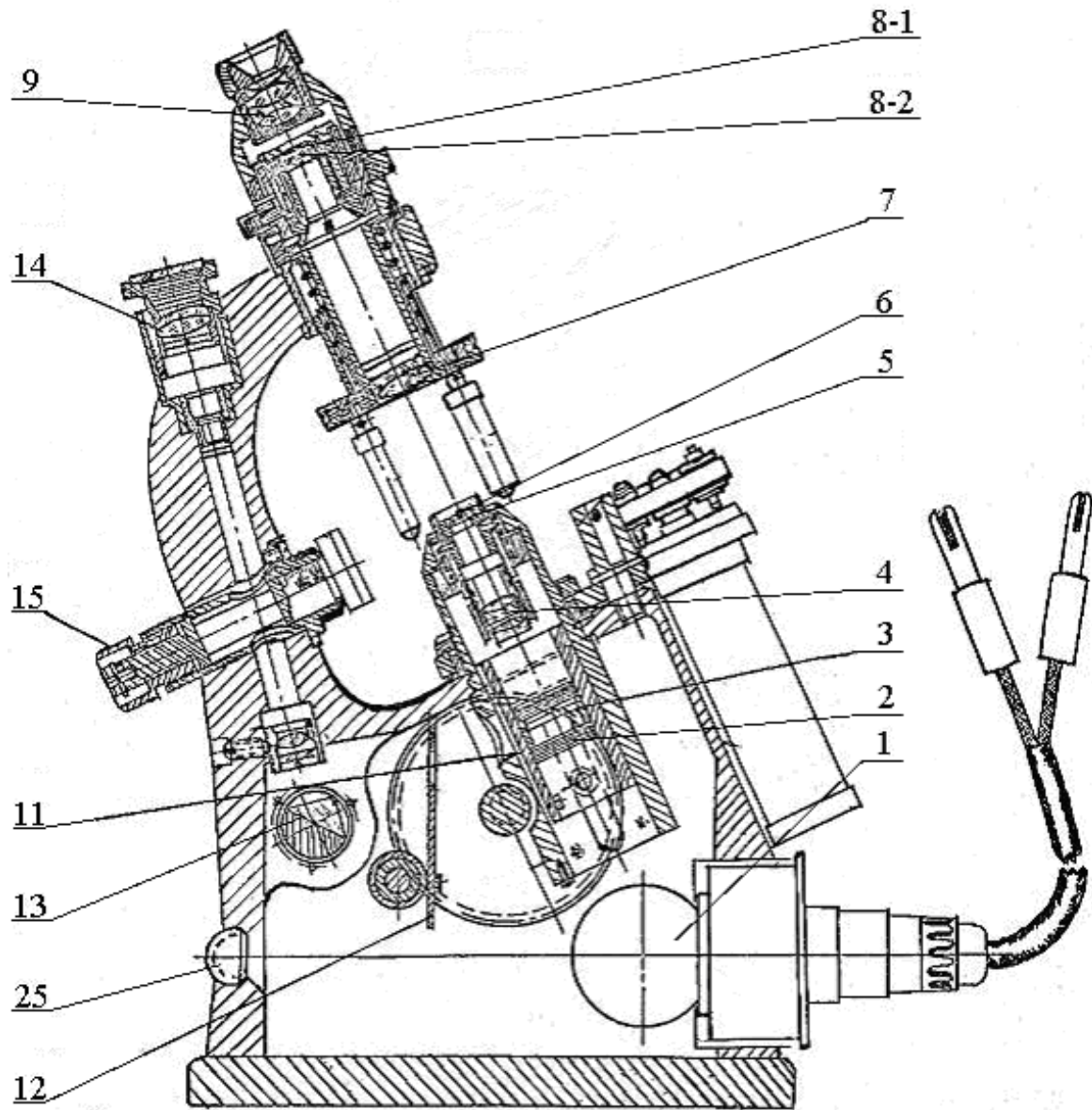


Рис. 5.3. Оптическая система окулярного диоптриметра ДО-2 в разрезе

При измерениях призматического действия очковых линз отсчеты снимают по шкале 11 диоптрий (канал снятия отсчета) и по линейной шкале 8-2 призматических диоптрий (наблюдательный канал).

Очковую линзу прижимают к агатовому стержню 6. Резкость изображения марки 3 восстанавливают, смещая ее вдоль оптической оси вместе со шкалой 11 диоптрий относительно неподвижного индекса.

2.2. Конструкция диоптриметра ДО-2

На основании 17 установлен корпус 18, в котором размещены все узлы прибора (рис. 5.4).

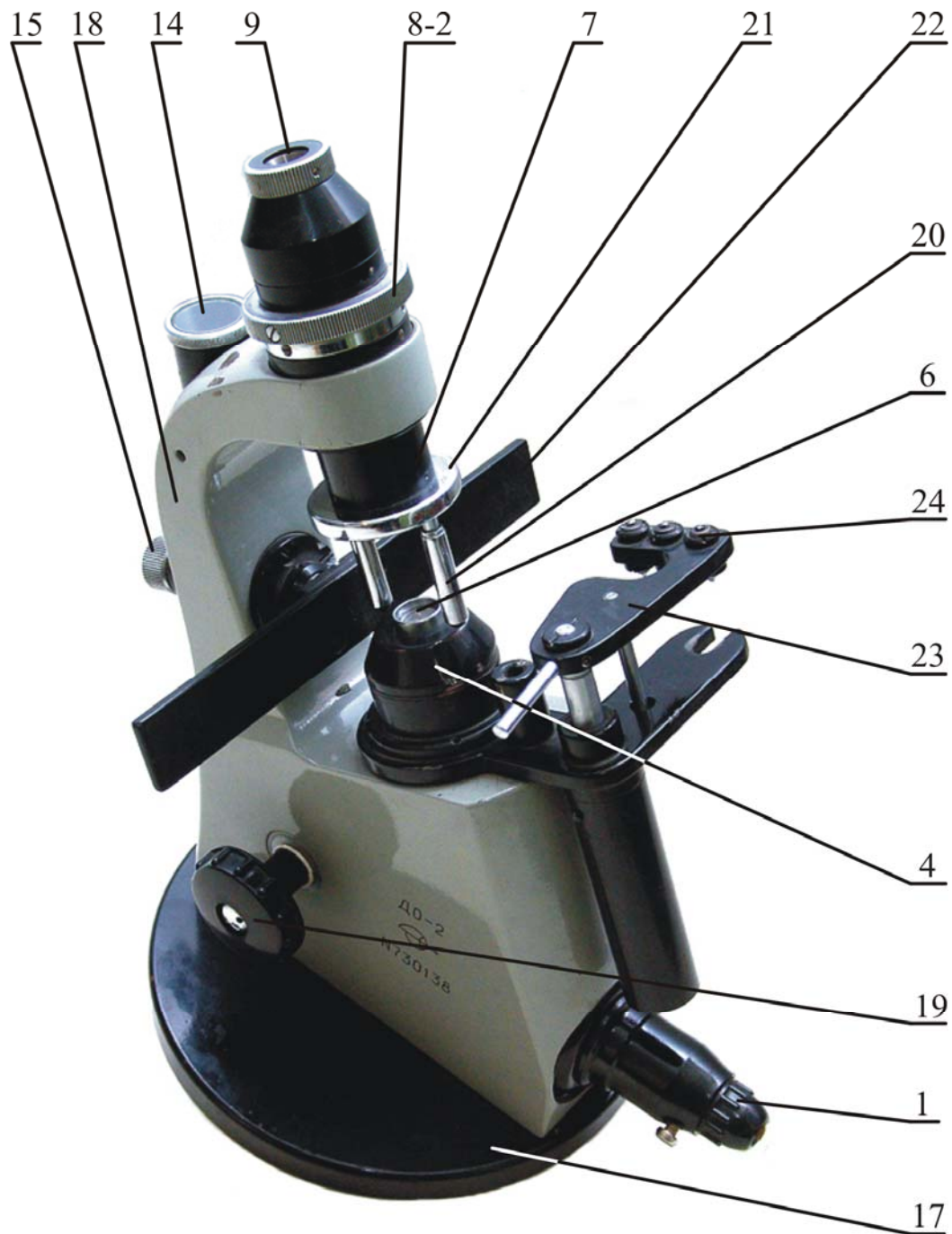


Рис. 5.4. Окулярный диоптриметр ДО-2

Узел 4 метрологического объектива смонтирован в трубке. Перемещение марки осуществляется вращением от руки маховичков 19, выведенных справа и слева на корпус 18.

Стержни 20 прижимного устройства закреплены в диске 21, перемещающемся вручную вдоль оптической оси наблюдательного канала и подпружиненном. Когда диском 21 не пользуются, его сдвигают вверх и, повернув до упора, фиксируют.

Устройство 15 для измерения диаметров очковых линз смонтировано в неподвижном корпусе. При вращении рукоятки планка 22, расположенная параллельно направлению 0° - 180° градусной шкалы 8-1 ТАБО, перемещается по перпендикуляру к оптической оси наблюдательного канала. Предусмотренная линейная шкала градуирована в миллиметрах.

Устройство для маркировки очковой линзы состоит из планки 23, к которой прикреплены три штифта 24, служащие для нанесения трех марок на очковую линзу 10. В центре планки имеется стержень для фиксации штифтов, который входит во втулку в корпусе прибора.

Красный прозрачный колпачок 25 индексирует готовность осветительной системы.

Модель ДО-2 окулярного диоптриметра имеет следующие технические характеристики:

- | | |
|---|---------------------------------|
| - диапазон измерения вершинных рефракций | от -25 до +25 дптр. |
| - цена деления шкалы вершинных рефракций | 0,125 дптр. |
| - диапазон измерения призматического действия | от 0 до 6 пр. дптр. |
| - цена деления шкала призматического действия | 0,25 пр. дптр. |
| - диапазон градусной шкалы | от 0° до 180° |
| - цена деления градусной шкалы | 1° |
| - диапазон измерения расстояния от оптического центра очковой линзы до ее края или до края очковой оправы | от 17 до 37,5 мм |
| - напряжение питания | 220 В |
| - потребляемая мощность | не более 32 Вт |
| - габариты | 325×255×150 мм |
| - масса | не более 5 кг |

Картина, видимая в поле зрения отсчетного микроскопа 14, показана на рис. 5.5.

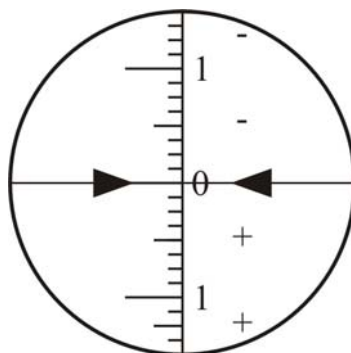


Рисунок 5.5. Вид поля зрения отсчетного микроскопа 14

2.3. Подготовка прибора к измерениям параметров очковых линз

2.3.1. Включить освещение. Настроить окуляр 9 наблюдательного канала по своему глазу так, чтобы неподвижная 8-1 и подвижная 8-2 шкалы зрительной трубы 7 - 9 были видны резко.

2.3.2. Настроить окуляр отсчетного микроскопа 14 по своему глазу так, чтобы комфортно наблюдать диоптрийную шкалу 11 и индекс.

2.3.3. Вращая маховички 19 фокусировки, добиться резкого изображения марки 3 на шкале 8-1 окуляра 9. По отсчетному микроскопу 14 определить величину систематической ошибки прибора. Эту ошибку необходимо учитывать при любом измерении задней вершинной рефракции очковой линзы с помощью диоптриметра.

2.3.4. Для получения более точных измерений следует повторять снятие отсчета не менее трех раз и затем рассчитать среднее арифметическое значение.

3. Измерение задней вершинной рефракции стигматической очковой линзы

3.1. Подготовить таблицу 5.1.

Таблица 5.1.

Протокол измерения задней вершинной рефракции стигматических очковых линз

№ линзы	измерение, дптр			среднее, дптр
	1	2	3	
1				
...				

3.2. Нефацетированную (без оправы) очковую линзу 10 установить на агатовый наконечник 6 той поверхностью, которая будет обращена к глазу, и закрепить планкой 22. В случае проверки очков следует подпереть ею верхние кромки оправы. Вследствие введения в ход лучей очковой линзы изображение марки 3 становится нерезким. Следует восстановить его резкость, вращая маховички 19.

3.3. Перемещая очковую линзу 10 по опорному торцу агатового наконечника 6, привести центральную точку изображения марки на перекрестие шкалы 8-2. Получить в поле зрения окуляра 9 наиболее резкое изображение марки 3. Если при этом появляется первоначальный рисунок марки 3 (рис. 5.6) и удастся вывести изображение в центр перекрестия шкалы 8-2, то очковая линза стигматическая. По изображению индекса, и шкалы в поле зрения отсчетного микроскопа 14 прочесть значение задней вершинной рефракции измеряемой очковой линзы в диоптрийной мере (рис. 5.5). Внимательно проверить знак рефракции. Занести результаты измерений в табл. 5.1.

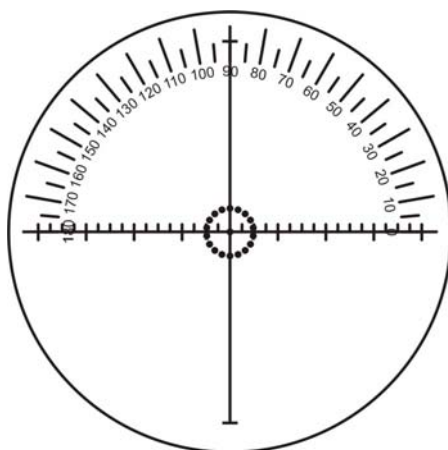


Рисунок 5.6. Вид поля зрения наблюдательного канала при измерении стигматической линзы.

3.4. Определить и маркировать оптический центр стигматической очковой линзы. Для этого вывести центр изображения марки 3 на центр перекрестия шкалы 8-2 в поле зрения окуляра 9, затем нанести чернильные точки на поверхность очковой линзы с помощью маркерного устройства 23.

4. Измерение призматического действия очковых линз

4.1. Подготовить таблицу 5.2.

Таблица 5.2.

Протокол измерения призматического действия очковых линз

№ линзы	измерение, прдптр			среднее, прдптр	Угол наклона линии «вершина-основание», град.
	1	2	3		
1					
...					

4.2. Для очковых линз, обладающих призматическим действием, центр изображения марки 3 располагается всегда вне центра перекрестия (рис. 5.7). Величина призматического действия очковой линзы определяется по делениям, нанесенным на одной из осей перекрестия сетки 8-2. Каждое малое деление соответствует 1/4 прдптр, каждое большое деление, соответственно, 1 прдптр.

Смещение изображения марки 3 можно также наблюдать при смещении (децентрировании) стигматической линзы относительно оси прибора. В случае децентрирования стигматических линз в оправе очков происходит рассогласование изображений в глазах.

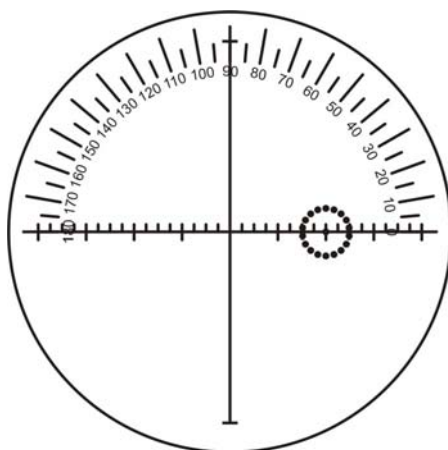


Рис. 5.7. Вид поля зрения наблюдательного канала при исследовании призматической линзы. Отсчет по шкале призмных диоптрий 2 прдптр, угол линии «вершина - основание» по шкале ТАБО составляет 0°

4.3. При проверке готовых очков в оправе определяют дополнительно угол, под которым расположена линия «вершина-основание» призмы относительно оправы. Отсчет этого угла производится по градусной шкале 8-1 ТАБО. Необходимо повернуть шкалу 8-2 с перекрестием так, чтобы ось с делениями проходила через центр изображения марки 3 (рис. 5.8). Результаты измерений занести в табл. 5.2.

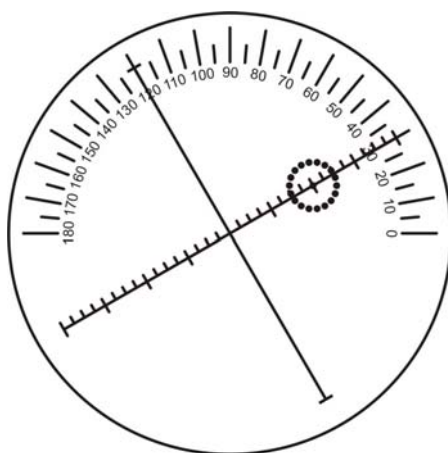


Рис. 5.8. Вид поля зрения наблюдательного канала при исследовании призматического действия очковой линзы. Отсчет по шкале призмных диоптрий 2 прдптр, угол линии «вершина - основание» по градусной шкале ТАБО составляет 30°.

4.3. Для отметки на очковой линзе 10 направления линии «вершина-основание» его следует вращать до тех пор, пока центр изображения марки 3 не расположится на оси перекрестия, совмещенной с направлением 0°-180° шкалы 8-1 ТАБО (рис. 5.6). Положение линии «вершина-основание» маркируют, нанося точки на поверхность очковой линзы чернилами с помощью устройства 23.

5. Измерение астигматических очковых линз

5.1. Нарисовать таблицу 5.3.

Таблица 5.3.

Протокол измерения задних вершинных рефракций астигматических очковых линз.

№ линзы	№ главного сечения	измерение, дптр			среднее, дптр	Угол наклона оси, град.
		1	2	3		
1	1					
	2					
...	1					
	2					

5.2. Отличительной особенностью астигматической очковой линзы является наличие в ней двух главных сечений, в каждом из которых задняя вершинная рефракция имеет своё значение. При наведении на одно из главных сечений астигматической линзы в поле зрения окуляра 9 изображение марки 3 всегда видно как ряд полос, расположенных параллельно направлению другого главного сечения. На рис. 5.9 показаны изображения марки 3 при фокусировке на первое (рис 5.9 а) и второе (рис. 5.9 б) главные сечения.

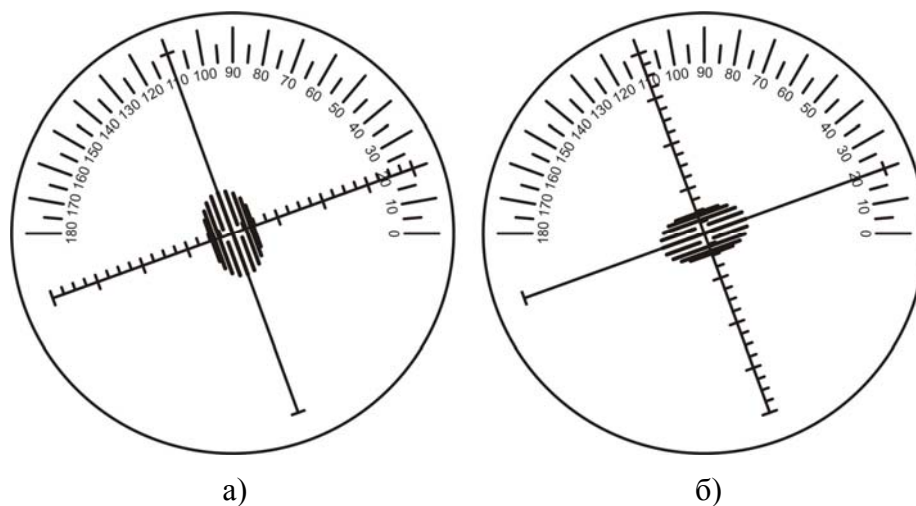


Рис. 5.9. Вид поля зрения наблюдательного канала при исследовании астигматической очковой линзы:

а) первое главное сечение, б) второе главное сечение.

Чем больше астигматическая разность данной линзы, тем более вытянутыми будут изображения точек марки 3.

Перемещая очковую линзу по вершине агатового стержня, подвести середину группы полос к перекрестию (это возможно лишь при отсутствии призматического действия линзы). Добившись резкого изображения

точечной марки в наблюдательном канале (рис. 5.9 а), определить значение задней вершинной рефракции по отсчетному микроскопу 14. Рекомендуется первый отсчет производить в главном сечении (с меньшей задней вершинной рефракцией). При этом необходимо учесть, что при измерении рефракции астигматических очковых линз главное сечение, в котором измеряется задняя вершинная рефракция, всегда перпендикулярно направлению видимой в поле зрения прибора группе параллельных полос.

5.3. Для измерения задней вершинной рефракции во втором главном сечении необходимо навестись на группу параллельных полос, перпендикулярных первой (рис. 5.9 б). Затем снять второй отсчет по диоптрийной шкале отсчетного микроскопа 14. Результаты измерений занести в табл. 5.3. Чтобы получить более точные результаты, следует повторить как для первого, так и для второго главных сечений снятие отсчетов не менее трех раз, затем рассчитать среднее арифметическое значение.

5.4. Величина астигматической разности очковой линзы вычисляется как разность между средними арифметическими значениями задней вершинной рефракции каждого из главных сечений.

5.5. Если астигматические очковые линзы уже установлены в оправу, то необходимо дополнительно определить направление главного сечения наименьшей рефракции. Следует повернуть шкалу 8-2 так, чтобы один из штрихов перекрестия (лучше тот, что без делений) установилась параллельно направлению полос для главного сечения с наибольшей задней вершинной рефракцией (учитывая, что полосы при этом вытягиваются в направлении оси главного сечения с наименьшей рефракцией). По положению этой оси на градусной шкале 8-1 ТАБО отсчитать угол, под которым располагается главное сечение с наименьшей рефракцией относительно оправы очков. Если принять, что на рис. 5.9 б показано главное сечение с наибольшей рефракцией, то угол равен 20° .

5.6. Маркировка направления главного сечения с наименьшей задней вершинной рефракцией астигматических линз сводится к повороту линзы до тех пор, пока направление линий марки совпадет с линией, совмещенной с делениями 0° - 180° круговой шкалы. Маркерным устройством 23 нанести на поверхность линзы точки, которые определяют направление главного сечения с наименьшей рефракцией астигматической линзы.

6. Метод нейтрализации

При отсутствии диоптриметра вид и заднюю вершинную рефракцию очковой линзы можно определить методом нейтрализации. Сначала определяют вид очковой линзы, затем знак рефракции, и третьим этапом при помощи пробных стекол из набора определяют величину рефракции.

Метод нейтрализации прост в исполнении и удобен в полевых условиях, но не может гарантировать высокую точность определения величины задней вершинной рефракции линзы.

6.1. Рассматривают через линзу фигуру креста с взаимно перпендикулярными линиями (например, переплет оконной рамы) с расстояния не менее 1 метра и вращают очковую линзу вокруг её оптической оси. Если при этом не возникает излома линий креста, то очковая линза стигматическая (рис. 5.10 а).

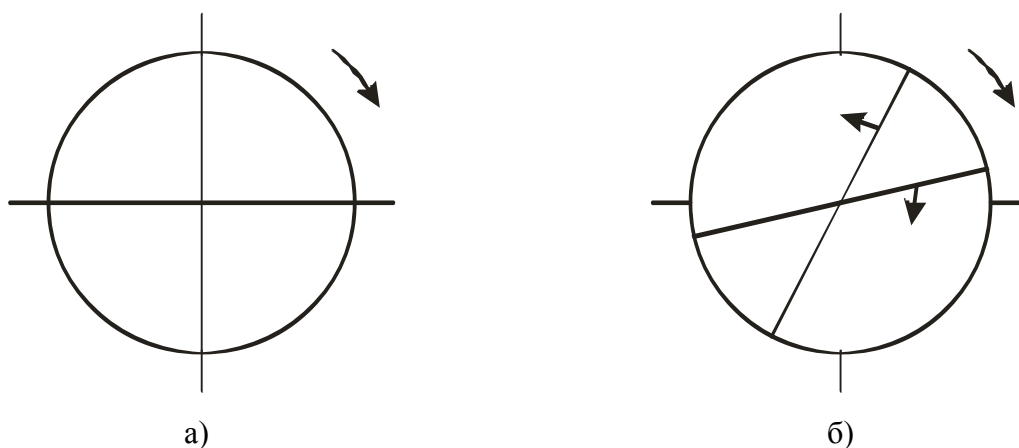


Рисунок 5.10. Определение вида очковой линзы методом нейтрализации:

а) стигматическая очковая линза, б) астигматическая очковая линза

Если линии креста имеют излом, который можно устранить при вращении линзы, то такая линза астигматическая (рисунок 5.10 б). При этом главные сечения астигматической очковой линзы совпадут с направлениями линий креста.

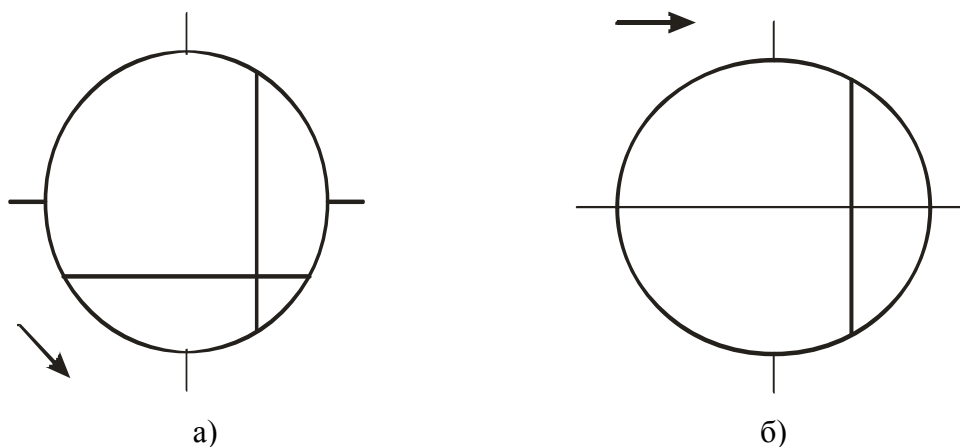


Рисунок 5.11. Определение линии «вершина - основание» призматических очковых линз методом нейтрализации. Стрелкой указано направление линии «вершина - основание»

Призматические очковые линзы смещают изображение креста в сторону основания (рис. 5.11 а). При этом совместить одновременно обе

линии креста вращением такой линзы невозможно. Чтобы определить направление линии «вершина – основание» необходимо, вращая линзу, совместить одну из линий креста. Изображение перпендикулярной линии креста в этом случае смещено в сторону основания призмы (рис. 5.11 б).

6.2. Знак рефракции очковой линзы можно определить тремя способами.

Во-первых, можно сравнить толщину линзы по центру и на краю. Если очковая линза имеет большую толщину по центру, то она положительная, если на краю – отрицательная.

Во-вторых, отрицательная линза создаёт прямое изображение удалённых объектов, а положительная линза – перевёрнутое изображение.

Третий способ основан на анализе направлений движения изображения при смещении линзы. Для этого рассматривается тот же крест (рама окна). Линзу двигают вправо и влево по направлению одной из линий креста. Если изображение линии креста, перпендикулярное к направлению перемещения линзы, движется в ту же сторону, то это отрицательная линза (рис. 5.12 а), а если в обратную сторону, то такая линза положительная (рис. 5.12 б).

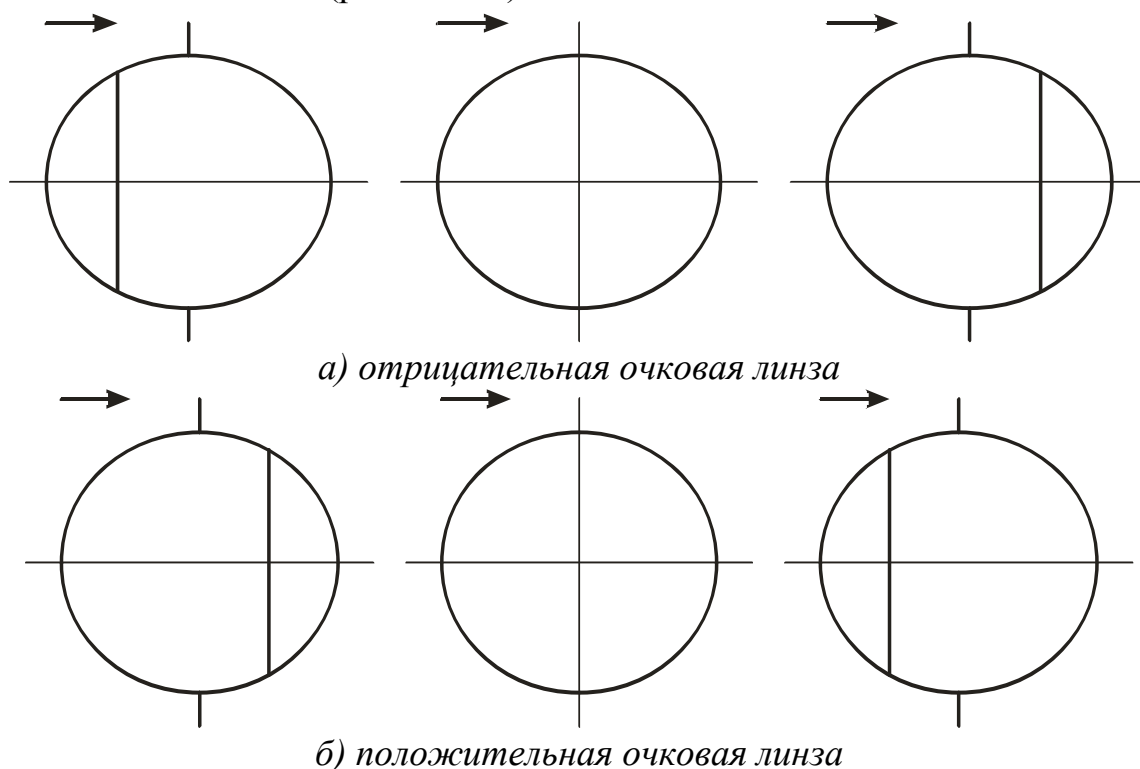


Рисунок 5.12. Определение знака рефракции очковой линзы методом нейтрализации.

Стрелками указано направление перемещения очковой линзы

Если очковая линза астигматическая, то опыт повторяют в направлениях, обоих главных сечений, совершая движения очковой линзы по обеим линиям креста.

6.3. Приступают к нейтрализации. К стигматической очковой линзе, с её вогнутой стороны, приставляют из набора стигматические пробные стекла обратного знака. С каждой новой комбинацией вновь производят пробу с движением такой составной системы и наблюдают изображение перекрестия. Значение рефракции нейтрализующего пробного стекла, при котором движение линии креста исчезает, соответствует задней вершинной рефракции исследуемой очковой линзы с обратным знаком.

В случае астигматической очковой линзы нейтрализуют движение линии в одном из главных сечений, используя стигматическое пробное стекло, а затем – движение линии во втором главном сечении, используя астигматическое пробное стекло. Комбинация нейтрализующих пробных стекол укажет значение задней вершинной рефракции исследуемой линзы с обратным знаком.

7. Оформление оптической схемы измерения

Оформить оптическую схему измерения в соответствии с рис 5.2 по указанию преподавателя.

Пример 1

Оформить оптическую схему измерения рефракции стигматической очковой линзы с рефракцией (задней вершинной рефракцией) $D'_{10}=+2,5$ дптр, измеренной за диоптриметром.

В диоптриметре, шкала 11 диоптрий линейна и нормируется в задних вершинных рефракциях D'_{10} очковых линз 10. Поэтому, используя формулу (6), получим $z'_4 = -1000 / D'_{10} = 1000 / 2,5 = -400$ мм.

По формуле Ньютона (3) для метрологического объектива 4, у которого $f'_4 = 25$ мм, получим $z_4 = -f'_4 / z'_4 = -25 / (-400) = 1,5625$ мм.

Оптическая схема измерений приводится на рис.5.13.

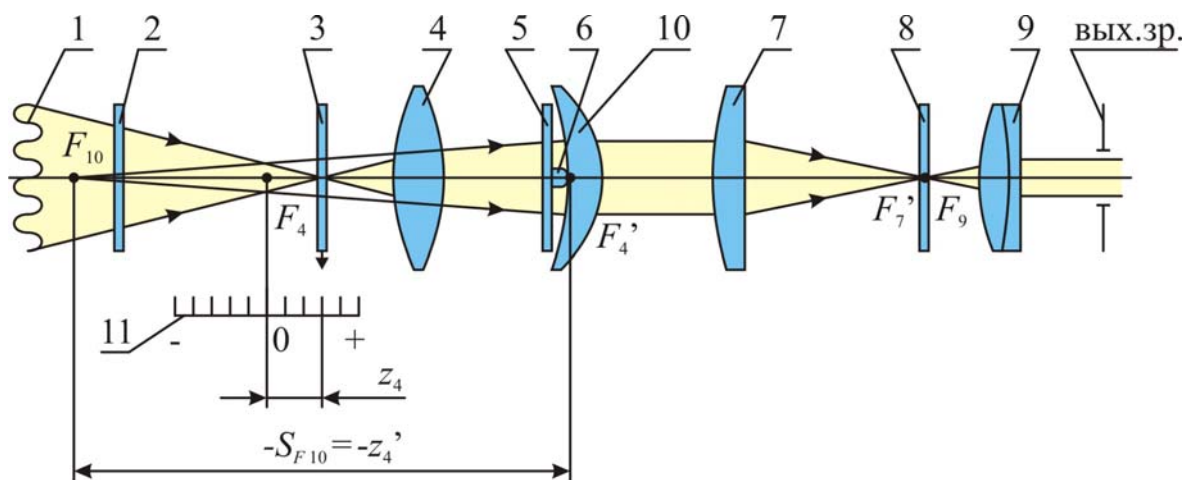


Рис. 5.13. Оптическая схема измерений положительной стигматической линзы с рефракцией $+2,5$ дптр.

Пример 2

Оформить оптическую схему измерения за диоптриметром рефракции стигматической очковой линзы с рефракцией (задней вершинной рефракцией) $D'_{10} = -2,5$ дптр.

В диоптриметре шкала 11 диоптрий линейна и нормируется в задних вершинных рефракциях D'_{10} очковых линз 10. Поэтому, используя формулу (6), получим $z'_4 = -1000 / D'_{10} = 1000 / (-2,5) = 400$ мм.

По формуле Ньютона (3) для метрологического объектива 4, у которого $f'_4 = 25$ мм, получим $z_4 = -f'_4 / z'_4 = -25 / 400 = -0,0625$ мм.

Оптическая схема измерений приводится на рис.5.14.

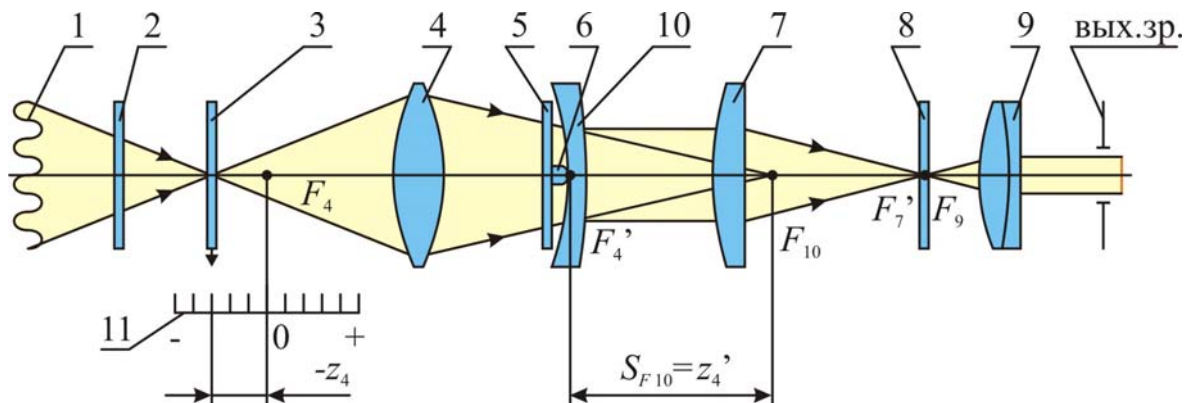


Рис. 5.14. Оптическая схема измерений отрицательной стигматической линзы с рефракцией $+2,5$ дптр

Пример 3

Оформить оптическую схему измерения за диоптриметром очковой линзы с рефракцией $D'_{10} = 0$ дптр, и призматическим действием 2 прдптр в соответствии с рис. 5.2 з и 5.8.

В диоптриметре шкала 8-2 линейна и нормируется в призмальных диоптриях (прдптр). Картина в плоскости шкал 8-1 и 8-2 приводится на рис. 5.8 (момент снятия отсчета). Отсчет по шкале призмальных диоптрий составил 2 прдптр, установленный угол линии «вершина - основание» по шкале ТАБО равен 30° .

Измеренное призматическое действие означает, что очковая линза отклоняет к основанию падающий нормально на её первую поверхность пучок лучей, параллельных оптической оси наблюдательного канала, на угол $1^\circ 8'$, так как 1 прдптр $\approx 34'$.

Оптическая схема измерений приводится на рис. 5.2 з.

8. Оформление рецепта на очки

Оформить полученные результаты в виде рецепта врача на очки. По ГОСТ 51193-98 очки следует изготавливать в соответствии с требованиями стандарта по рецепту врача (рис. 5.15).

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ФОРМА РЕЦЕПТА

Рецепт на очки
19 ____ г.

	Сфера	Цилиндр	Ось	Призма	Основание
Правый глаз	Верх				
	Низ				
Левый глаз	Верх				
	Низ				

Правый глаз

Левый глаз

A — расстояние между центрами зрачков глаз ____ мм

Назначение (подчеркнуть)
Для дали
Для работы
Для постоянного ношения

Примечание _____

Кому _____ Возраст _____

Врач _____

Рис. 5.15. Стандартная форма рецепта на очки

Содержание отчета

1. Назначение и принцип действия диоптриметра.
2. Устройство прибора (блок-схема).
3. Методика работы за прибором ДО-2 (блок-схема)
4. Результаты измерений параметров очковых линз в форме таблиц.
5. Характеристика метода нейтрализации (блок-схема).
6. Принципиальные оптические схемы измерений технических параметров очковых линз за прибором ДО-2 и методом нейтрализации (по указанию

преподавателя).

7. Результаты измерений параметров очковых линз за прибором ДО-2 и методом нейтрализации. Рецепт на очки.

Вопросы для защиты

1. Какие технические параметры очковых линз измеряют с помощью прибора ДО-2?
2. Почему вне зависимости от рефракции измеряемой очковой линзы размер изображения марки остается постоянным?
3. Сравнить принципиальные оптические схемы очковой коррекции и показанные на рис. 5.2.
4. Как правильно установить очковую линзу в прибор для измерения?
5. Как измерить переднюю вершинную рефракцию очковой линзы?
6. Почему марка 3 имеет форму «ожерелья» (рис. 5.2)?
7. В чем различие стигматических и астигматических очковых линз?
8. В чем измеряется призматическое действие очковой линзы?
9. Какими методами можно измерить вершинную рефракцию очковой линзы или её осколка?

Литература

1. Курчинская Л. Н. Медицинские оптические приборы. Учебное пособие. Л.: ЛИТМО, 1988.-90 с.
2. Урмахер Л. С., Айзенштат Л. И. Офтальмологические приборы. М.: Медицина, 1988.-288с.
3. ГОСТ 30808-2002/51044-97. Линзы очковые. Общие технические условия.
4. ГОСТ Р 50606-93. Оптика и оптические приборы. Диоптриметры.
5. *ISO 8598:2000. Optics and optical instruments - . Focimeters.*

Лабораторная работа № 6

ПРИБОРНАЯ ОФТАЛЬМОМЕТРИЯ

Цель работы: освоение методик измерений параметров роговицы и метрологического контроля прибора «Офтальмометр».

Задание для работы

1. Ознакомиться с назначением и принципиальными оптическими схемами офтальмометрии и офтальмометров.
2. Изучить конструкцию и составить блок-схему устройства офтальмометра ОФ-3.
3. Подготовить прибор ОФ-3 к работе.
4. Выполнить офтальмометрию за прибором ОФ-3.
5. Оформить оптическую схему офтальмометра ОФ-3 с ходом лучей.
6. Составить техническое описание офтальмометра Жавая.
7. Оформить оптическую схему прибора с ходом лучей.
8. Проверить офтальмометр Жавая, используя контрольную сферу.
9. Сделать выводы по полученным результатам.

1. Назначение и принципиальная оптическая схема офтальмометра

Офтальмометр предназначен для измерений радиуса кривизны передней поверхности роговицы и ее рефракции (неастигматический глаз), а также для исследования вида и степени ее правильного астигматизма, включая измерения радиусов кривизны и рефракций в каждом из двух главных меридианов и определения углового расположения этих меридианов (угла оси).

Получаемые количественные данные о параметрах роговицы как положительного мениска требуются, в частности, при подборе контактных линз.

1.1. Принципиальная оптическая схема офтальмометрии

Принцип действия прибора основан на допущении, что роговица – это бесконечно тонкий положительный мениск, передняя поверхность которого имеет форму сферы или тора, а толщина пренебрежимо мала (стандарт *ISO 10343:2009*, ГОСТ Р ИСО 10343-2008).

На рис. 6.1 приведена принципиальная оптическая схема офтальмометрии, вид сверху, второй главный меридиан. Первый главный меридиан вертикален. Схема включает в себя осветительный и измерительный каналы. Ее композиция поясняется в предположении, что оператор – эмметроп.

В осветительном канале две разных по конфигурации измерительные марки **К** и **З** (далее – марки), как правило, на цветном фоне подсвечиваются лампами L_1 и L_2 . Ветви L_1 **К** C и L_2 **З** C расположены в одной плоскости и симметричны относительно оптической оси OO измерительного канала. Оптические оси обеих ветвей пересекаются с осью OO в центре кривизны C передней поверхности роговицы исследуемого глаза 1.

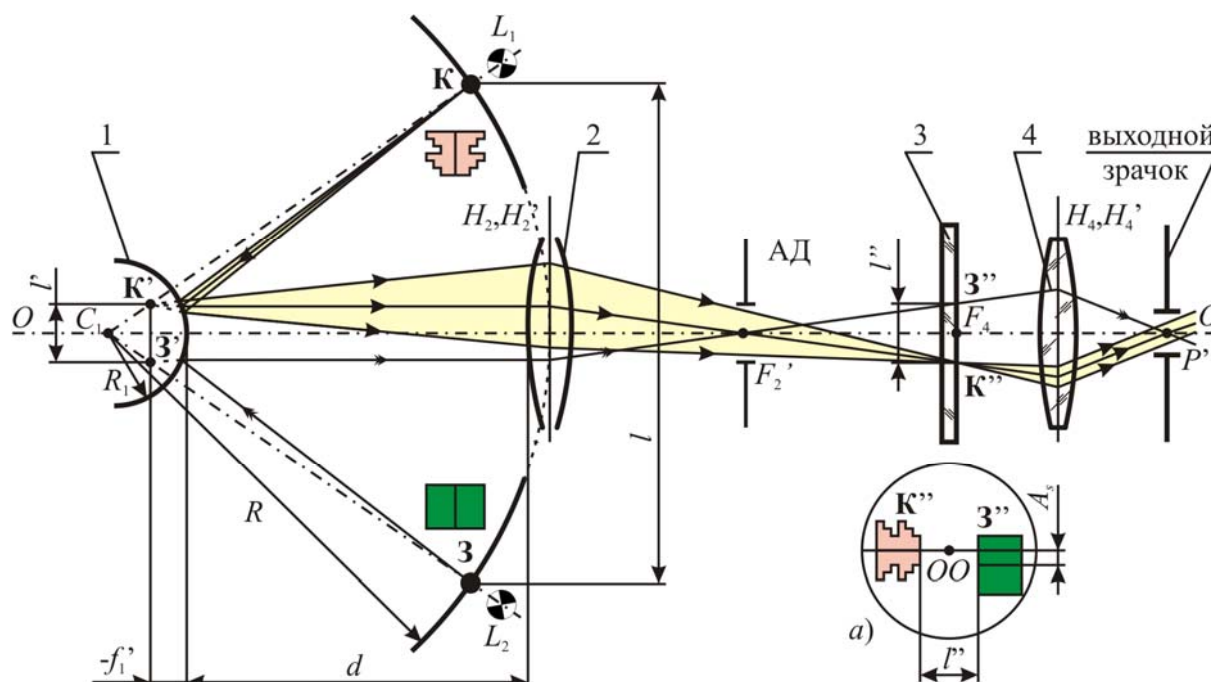


Рис. 6.1. Принципиальная оптическая схема офтальмометрии

На рис. 6.1 представлены наиболее распространенные формы марок Жаваяля: «лестница» (**К**) и «кирпич» (**З**). Обе марки снабжены центральным черным штрихом. Одна ступенька «лестницы» соответствует 1 дптр. Это достигается выбором линейного размера марки на этапе композиции оптической системы прибора.

Передняя поверхность роговицы глаза 1 как зеркало является первым компонентом оптической системы измерительного канала. В показанном на рис. 6.1 втором главном меридиане радиус передней поверхности роговицы равен R_1 , следовательно, заднее фокусное расстояние этой поверхности как выпуклого зеркала:

$$f_1' = R_1/2. \quad (6.1)$$

Марки **К** и **З** (предмет) расположены на расстоянии R от центра кривизны C передней поверхности роговицы в каждом из главных меридианов. Так как всегда соблюдается условие: $R \geq 10(R_1/2)$, - допустимо принять, что изображения **К'**, **З'** марок получаются в задней

фокальной плоскости передней поверхности роговицы 1 причем $K'Z'=l'$. Тогда расстояние l' связано с радиусом R_1 его кривизны соотношением:

$$l' = l \cdot R_1 / (2R). \quad (6.2)$$

Плоскость $K'Z'$ совмещена с плоскостью предметов объектива 2 при установке рабочего расстояния d . Резкие изображения K'' , Z'' марок формируются в плоскости сетки 3, как правило, с линейным увеличением $\beta_2 = -1^\times$. Тогда:

$$l'' = l' = l \cdot R_1 / (2R). \quad (6.3)$$

Если известны, или измерены отрезки $KZ=l$, $K''Z''=l''$, а линейное увеличение β_2 объектива 2 измерительного канала равно -1^\times , то можно рассчитать значение радиуса роговицы:

$$R_1 = 2 \cdot R \cdot l'' / l. \quad (6.4)$$

Рефракция роговицы D_1 [дптр] как бесконечно тонкого мениска связана с радиусом R_1 кривизны ее передней поверхности соотношением:

$$D_1 = 1000 \cdot (n_1 - 1) / R_1, \quad (6.5)$$

где $n_1=1.376$ – показатель преломления роговицы по Гульстранду. Окончательно имеем:

$$D_1 = 1000 \cdot (n_1 - 1) \cdot l / (2l'' \cdot R) \quad (6.6)$$

Передняя фокальная плоскость окуляра 4 совмещена с сеткой 3 (оператор – эмметроп).

Апертурная диафрагма АД установлена в задней фокальной плоскости объектива 2, следовательно, в пространстве предметов объектива 2 организован телецентрический ход главного луча.

Таким образом, оптическую систему измерительного канала правомерно классифицировать как телескопическую систему Кеплера с зеркально-линзовым объективом 1 – 2, который имеет переменное фокусное расстояние, зависящее от величины радиуса R_1 передней поверхности роговицы 1 (см. рис. 6.1).

Такая композиция принципиальной оптической схемы в сочетании с принятыми допущениями по отношению к роговице позволила использовать равномерные и линейно зависящие шкалы радиусов кривизны передних поверхностей и рефракций роговицы. Пределы измерений определяются пределами биологической изменчивости параметров роговицы.

Осветительный канал $L_1 K$ и $L_2 Z$ обязательно вращается вокруг оси OO . Тем самым предоставляются условия исследования роговицы 1 в

разных главных меридианах. По результатам исследования можно судить о форме передней поверхности роговицы (сфера или тор), виде и степени правильного астигматизма (с прямыми или с косыми осями, прямого или обратного вида). Если имеет место правильный астигматизм с прямыми осями, изображения марок «кирпич» **К** и «лестница» **З** расходятся (сходятся) по-разному только при горизонтальном (второй главный меридиан) и вертикальном (первый главный меридиан) расположении марок **К** и **З**. В этом случае штрихи на марках остаются на одной прямой при вращении всей системы вокруг оси OO (см. рис. 6.1 *a*). Если же имеется правильный астигматизм роговицы с косыми осями, марки и штрихи на них расходятся и в вертикальном направлении (угол оси не равен 180°). Только при установке «угла оси» последнее расхождение устраняется. Мерой правильного астигматизма является расстояние A_s . Таким образом, в офтальмометрах обязательно предусматривается разворот осветительной системы вокруг оси OO с отсчетом «углов оси» по предусмотренной градусной шкале ТАБО.

1.2. Элемент удвоения в оптической системе офтальмометров

Можно видеть, что рассмотренная выше оптическая схема имеет существенные недостатки:

- расстояние l'' не может быть равно нулю, так как объект (**КЗ**) не имеет точек на оси OO , и требуется два наведения (на внутренний край изображения каждой марки) при одном измерении;
- из-за принципиальной неустранимости самопроизвольных движений исследуемого глазного яблока световые пучки, участвующие в образовании изображения каждой из марок, падают на разные участки передней поверхности роговицы и невозможно стабилизировать их взаимное расположение.

Эти недостатки устранены путем ввода так называемого элемента удвоения 5 (рис. 6.2) в оптическую систему измерительного канала офтальмометра и разработки специальной методики снятия отсчета.

Элемент удвоения 5, который располагается перед сеткой 3, разделяет два световых потока (от марок **К** и **З**) на четыре части и изменяет первоначальное направление их распространения. Как результат, в плоскости сетки 3, формируется по два изображения $\mathbf{K}''_1, \mathbf{Z}''_1$ и $\mathbf{K}''_2, \mathbf{Z}''_2$ марок. Композиция оптической системы прибора выбирается таким образом, чтобы оператору всегда удавалось привести внутренние края изображений \mathbf{K}''_1 и \mathbf{Z}''_1 марок в соприкосновение на оси OO (рис. 6.2, *a*). При таком расположении, принятом за стандартное, снимают отсчеты по шкалам радиусов и рефракций. В стандартном расположении повышается и точность исследования правильного астигматизма роговицы вследствие

ввода нониального совмещения двух штрихов марок K''_1 и Z''_1 . Изображения K''_2 и Z''_2 никак не используются.

Можно приводить изображения K''_1 и Z''_1 марок к стандартному расположению (см. рис. 6.2 а) при каждой данной роговице, либо перемещая элемент удвоения 6 вдоль оптической оси измерительного канала («офтальмометр с внешней базой»), либо изменяя расстояние l («офтальмометр с внутренней базой»).

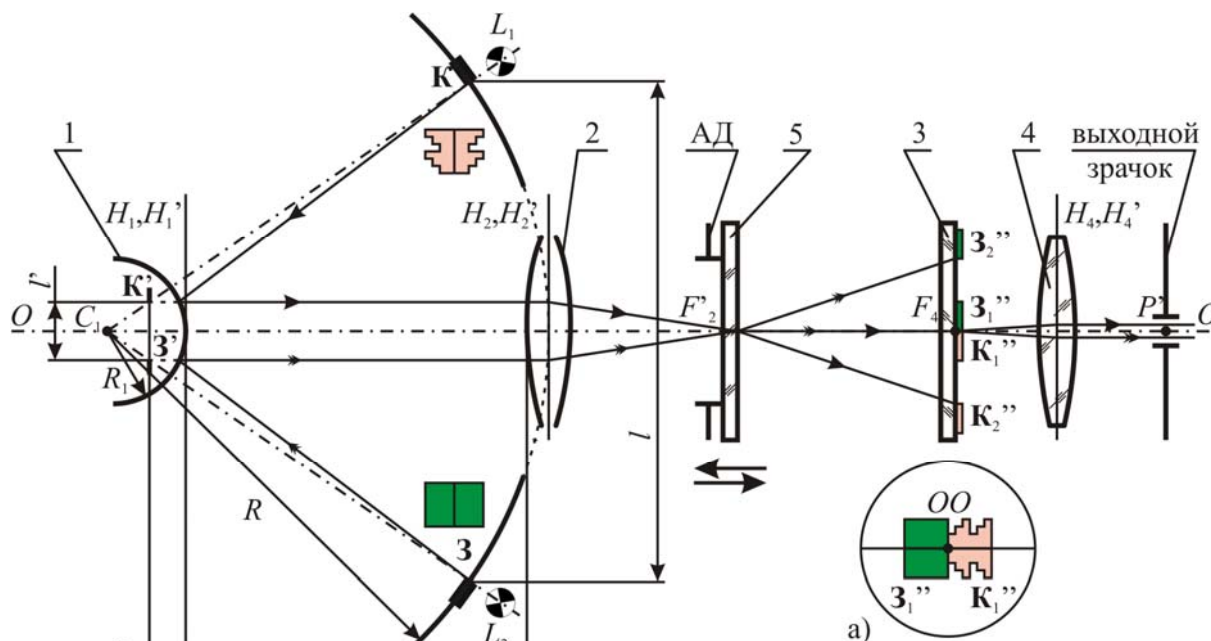


Рис. 6.2. Принципиальная оптическая схема офтальмометра

В принципиальной оптической схеме офтальмометров оптимальные условия измерений обеспечены:

- расположением измерительных марок на «практической бесконечности»;
- вводом телецентрического хода главных лучей в пространстве предметов объектива 2;
- расположением центра апертурной диафрагмы АД на оптической оси OO измерительного канала;
- стандартизацией картины на сетке окуляра в момент снятия отсчета через ввод элемента удвоения 5 (см. рис. 6.2 а).

2. Конструкция офтальмометра ОФ-3 с внешней базой

На основании 15 монтируются лицевой установ 20 и координатный столик 16 с оптической головкой 17.

Подбородник 21 и налобник 20 на лицевом установе предназначены для фиксации головы пациента. Подбородник перемещают по высоте, вращая гайку 22. Парный глаз закрывают окклюдором 19. На подбородник 21, в отверстие, расположенное в центре, может быть установлена съемная контрольная сфера 23, предназначенная для поверки прибора. Она

представляет собой металлический стержень, заканчивающийся цилиндром, на торце которого, на темном фоне, закреплена линза (оптическое стекло К8; радиус фронтальной поверхности $-7,70 \pm 0,05$ мм).

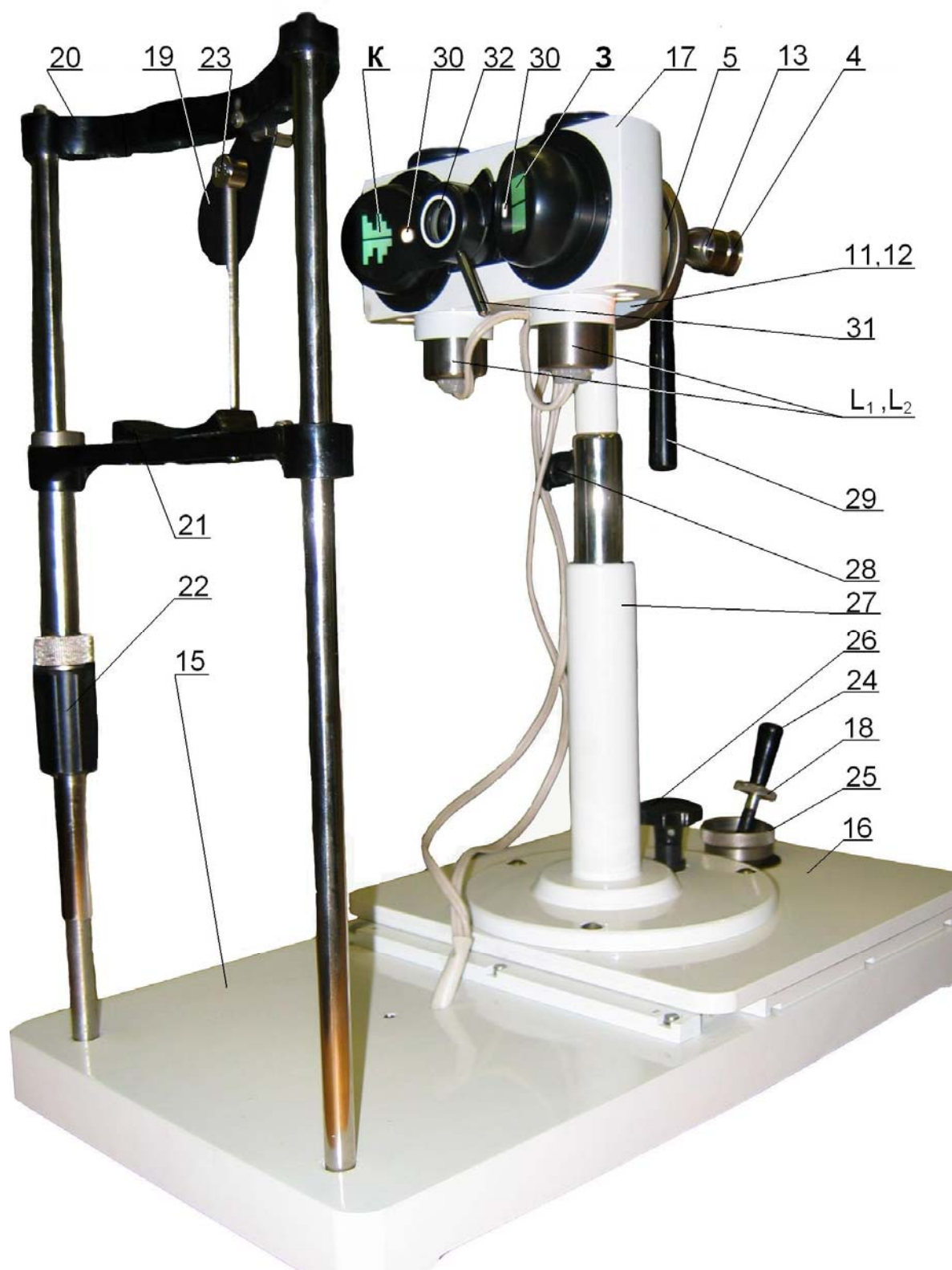


Рис. 6.3. Офталмометр с внешней базой

Координатный столик 16 служит для перемещения оптической головки 17 в двух взаимно перпендикулярных направлениях. Движением рукоятки 24 «к себе» и «от себя» изменяют расстояние до роговицы. Вращением рукоятки 24 перемещают оптическую головку 17 перпендикулярно к оптической оси, переключаясь с одного глаза пациента на другой. Кольца 25 и 18 служат для закрепления координатного столика в требуемом положении. Вращая рукоятку 26, перемещают оптическую головку 17 по вертикали.

Оптическая головка 17 крепится на стойке 27 координатного столика 16 винтом 28. Ее можно поворачивать вокруг горизонтальной оптической оси измерительного канала с помощью рукоятки 29.

На корпусе оптической головки размещены две неподвижных марки **К**, **З**, которые освещаются осветителями L_1 , L_2 . Постоянное расстояние между марками **К**, **З** образует внешнюю базу прибора. На каждой марке предусмотрена диафрагма 30, перекрытая общей заслонкой 31. В центре заслонки 31 имеется белая кольцевая канавка 32 для фиксации взора пациента. Осветитель L_1 , L_2 , марки **К**, **З**, и белая кольцевая канавка 32 образуют осветительный канал.

Диафрагмы 30 освещаются лампами L_1 , L_2 и открываются поворотом рукоятки заслонки 31 для соответствующей настройки прибора. При этом заслонка 31 перекрывает марки **К**, **З**. Осветитель L_1 , L_2 , диафрагмы 30 и заслонка 31 образуют канал контроля рабочего расстояния.

В измерительном канале изображения марок **К**, **З**, получаемые в результате зеркального отражения от передней поверхности роговицы, рассматриваются через окуляр 4. Окуляр имеет диоптрийную подвижку для компенсации аметропии глаза оператора. Кольцо 5 связано с элементом удвоения кинематически и вращается от руки для восстановления стандартной картины в центре сетки окуляра (рис. 6.2 а).

Имеются шкалы 11, 12: красная градусная шкала по системе ТАБО, две черных шкалы (наружная – рефракций, внутренняя – радиусов) и индексы соответствующих цветов, служащие для одновременного отсчета по всем трем шкалам. Отсчеты снимают, наблюдая с помощью лупы 13, которая закреплена на корпусе оптической головки 17 и имеет подвижку для компенсации аметропии глаза оператора. Шкалы 11, 12 и лупа 13 образуют канал снятия отсчета. Эти шкалы подсвечены осветителем через отверстие в корпусе прибора.

3. Подготовка прибора ОФ-3 к работе

3.1. Подготовить две таблицы (по числу пациентов) по типу табл. 6.1.

Таблица 6.1. Протокол исследования параметров роговицы

объект	№ изм.	первый главный меридиан		второй главный меридиан		угол оси, α , град.	вид и астигматическая разность, A_s , дптр
		R_1 , мм	D_1 , дптр	R_2 , мм	D_2 , дптр		
1	2	3	4	5	6	7	8
правый глаз	1						
	2						
	3						
	Ср						
	СКО						
левый глаз	1						
	2						
	3						
	Ср						
	СКО						

Ср. – среднее значение измеряемой величины y определяется по формуле:

$$\bar{y} = \sum_{i=1}^n y_i / n, \quad (6.7)$$

где n – количество измерений.

СКО – среднее квадратическое отклонение величины:

$$\delta y = \sqrt{\sum_{i=1}^n (\bar{y} - y_i)^2 / (n - 1)}. \quad (6.8)$$

3.2. Установить окуляр 4 на резкое видение сетки, для чего перед объективом ввести лист белой бумаги и, наблюдая в окуляр, повернуть его так, чтобы кольцевая риска сетки стала отчетливо видна.

3.3. Установить лупу 13, перемещая вдоль оптической оси, на резкое видение шкал. Пользуясь рукояткой 29, развернуть оптическую головку относительно оптической оси передающего канала, установив отсчет 180° по шкале ТАБО 11.

3.4. Включить вилку в розетку электросети. Проверить видимость двух световых пятен, для чего примерно на расстоянии 100 мм от белой кольцевой канавки 32 поставить лист белой бумаги и открыть диафрагмы 30, закрыв марки **K**, **З**, поворотом рукоятки заслонки 31. Выключить вилку из розетки электросети.

3.5. Дважды, с интервалом 10 минут, дезинфицировать наружные поверхности налобника 20 и подбородника 21, протирая их салфеткой, смоченной 3%-ным раствором перекиси водорода с добавлением 0,5% синтетического моющего средства, затем отжатой. Положить бумажную салфетку на подбородник.

Вращая гайку 22, установить подбородник 21 по высоте таким образом, чтобы пациент сидел удобно, при этом его голова должна быть хорошо зафиксирована.

Закрывать парный глаз пациента окклюдором 19. Включить вилку в розетку электросети и предложить пациенту смотреть исследуемым глазом в центр белой кольцевой канавки 32.

3.6. Пользуясь рукоятками 24 и 26, привести оптическую головку в такое положение, при котором оба световых пятна сначала будут изображаться на веке (рис. 6.4 а), а затем совместятся в одно на зрачке глаза пациента (рис. 6.4 б). При этом наблюдать картину на глазу пациента, минуя оптическую систему прибора.

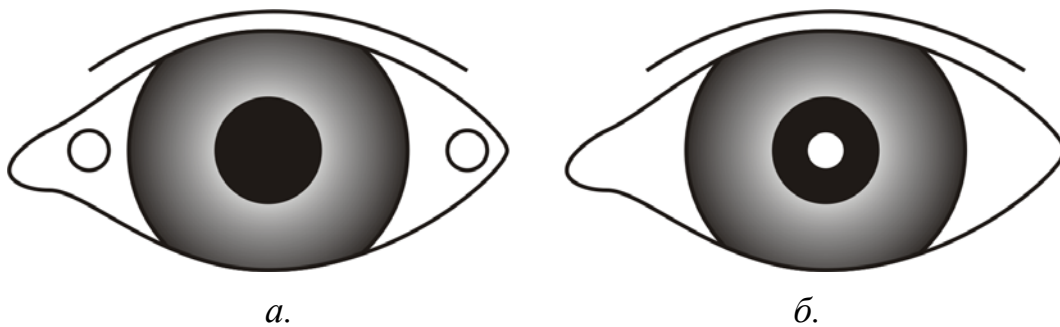


Рис. 6.4. Схема контроля рабочего расстояния

3.7. Закрывать диафрагмы 30 заслонкой 31, открыв марки *К*, *З*. После предварительной установки в поле зрения окуляра 4 должны быть видны четыре изображения марок (два внутренних – измерительные).

3.8. Привести два внутренних изображения марок в центр кольца окулярной сетки, вращая рукоятки 24 и 26, и навести на резкость движением рукоятки 24 (см. рис. 6.3). При наводке одна рука оператора должна находиться на рукоятке 24 постоянно. Другой рукой вращать кольцо 5 для перемещения изображений марок относительно друг друга в поле зрения окуляра 4. Зафиксировать расположение системы «пациент-прибор» рукоятками 25 и 18.

Прибор рассчитан на 20 мин. непрерывной работы и 20 мин. перерыва.

4. Оптальмометрия за прибором ОФ-3

4.1. Исследование неастигматической роговицы

4.1.1. Исследовать роговицу на астигматичность. Для этого установить по градусной шкале ТАБО (красная шкала) отсчет 180° , наблюдая в лупу 13.

4.1.2. Наблюдать возможные варианты расположения марок (рис. 6.5 а, б) через окуляр. Привести в соприкосновение вершины марок «кирпич» и «лестница», вращая кольцо 5 (рис. 6.5 в). Повернуть оптическую головку прибора за рукоятку 29, установив по шкале ТАБО отсчет 90° . Если при этом картина в поле зрения окуляра соответствует рис. 6.5 г, то роговица неастигматическая. Причем, картина должна оставаться неизменной при любых поворотах оптической головки вокруг оси OO за рукоятку 29.

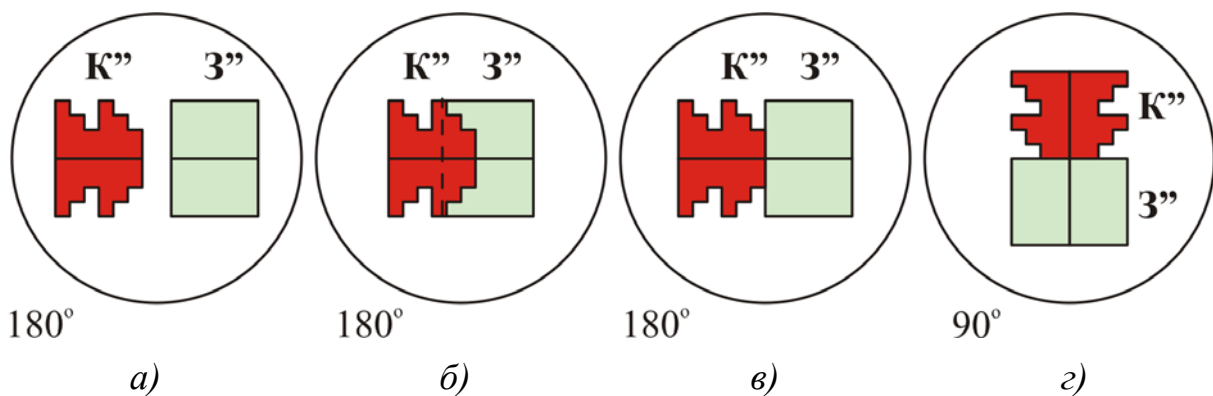


Рис. 6.5. Неастигматическая роговица

Сделать запись в графе 8 табл. 6.1: «правильный астигматизм отсутствует».

Вновь установить оптическую головку в положение 180° по шкале ТАБО. Зарисовать наблюдаемую картину.

4.1.3. Вращая кольцо 5, привести изображения марок в соприкосновение, как показано на рис. 6.5 в, и снять отсчеты по шкалам 11, 12 (см. рис. 6.3). При этом внутренняя шкала покажет значение радиуса кривизны R_2 [мм], а средняя шкала – значение рефракции роговицы D_2 [дптр].

Измерения провести при трех наведениях, заполняя столбцы 5 и 6 табл. 6.1, после чего рассчитать среднее «Ср» и средние квадратическое отклонение «СКО» по формулам 6.7 и 6.8, соответственно.

4.2. Исследование астигматической роговицы с прямыми осями

В случае астигматической роговицы с прямыми осями изображения марок будут всегда находиться на одном уровне: центральный черный штрих на одной марке («лестница») является продолжением такого же штриха на другой марке («кирпич»). Но в исследовании удастся выделить два главных меридиана: первый (угол оси составляет 90°), расположенный

вертикально, и второй главный меридиан, перпендикулярный к первому и расположенный горизонтально.

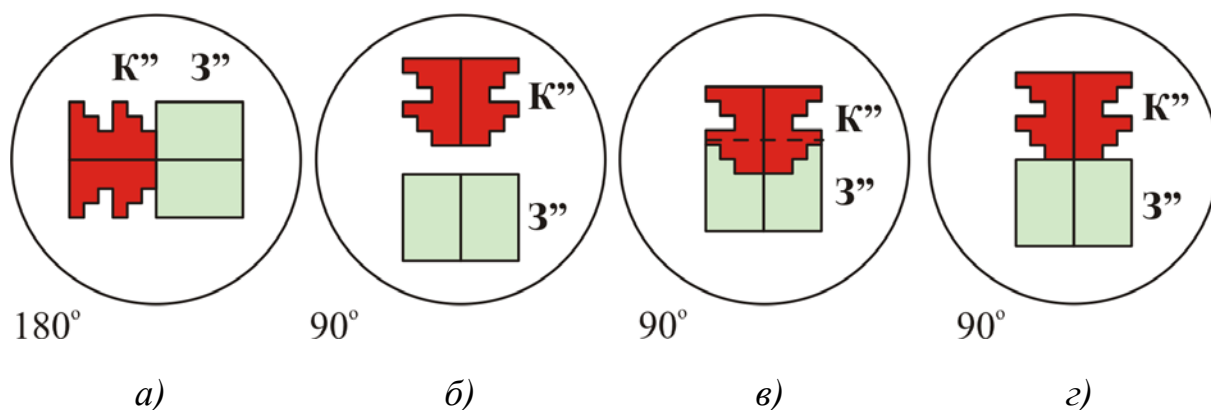


Рис. 6.6. Правильный астигматизм с прямыми осями

4.2.1. Исследовать роговицу на астигматичность при отсчетах 180° и 90° по шкале ТАБО. Для этого сначала добиться стандартной картины (рис 6.6 а) при отсчете 180° по шкале ТАБО. Если при отсчете 90° по шкале ТАБО изображения марок раздвинулись, или наложились одно на другое (рис. 6.6 б, в), то имеет место правильный астигматизм с прямыми осями обратного или прямого вида, соответственно. Сделать запись в графе 7 табл. 6.1: «угол оси 0° », и в графе 8: «правильный астигматизм прямого (обратного) вида с прямыми осями».

4.2.2. Вновь установить оптическую головку в положение 180° по шкале ТАБО.

Привести изображения марок в соприкосновение, как показано на рис. 6.6 а, и снять отсчеты R_2 [мм], D_2 [дптр], по шкалам 11, 12 (см. рис. 6.3). Занести результаты измерений при трех наведениях в столбцы 5 и 6 табл. 6.1, рассчитать среднее «Ср» и среднее квадратическое отклонение «СКО» по формулам 6.7 и 6.8, соответственно.

Зарисовать наблюдаемую картину (рис 6.6 а).

4.2.3. Установить оптическую головку в положение 90° по шкале ТАБО.

Привести марки в соприкосновение с помощью кольца 5, как показано на рис. 6.6 з, снять отсчеты R_1 [мм], D_1 [дптр], по шкалам 11, 12 (см. рис. 6.3). Занести результаты измерений при трех наведениях в столбцы 3 и 4 табл. 6.1, рассчитать среднее «Ср» и среднее квадратическое отклонение «СКО» по формулам 6.7 и 6.8, соответственно.

Зарисовать наблюдаемую картину (рис. 6.6 б, в).

4.2.4. Рассчитать астигматическую разность A_s [дптр] по формуле:

$$A_s = \bar{D} \max - \bar{D} \min . \quad (6.9)$$

Полученный результат занести в столбец 8 табл. 6.1.

4.3. Исследование астигматической роговицы с косыми осями

4.3.1. Исследовать роговицу на астигматичность при отсчетах 180° и 90° по шкале ТАБО. В случае астигматической роговицы с косыми осями изображения обеих марок смещены по высоте при отсчете 180° по шкале ТАБО или по горизонтали при отсчете 90° по шкале ТАБО (рис. 6.7). Причем, такое взаимное расположение изменяется по двум координатам при повороте оптической головки вокруг горизонтальной оси с помощью рукоятки 29. Центральные черные штрихи марок встают на одну линию только при двух взаимосвязанных углах поворота осветителя. Подчеркнем, вид полей зрения окуляра в момент снятия отсчета должен соответствовать рис. 6.5 *в, г*, но отсчеты по шкале ТАБО не составят 180° и 90° .

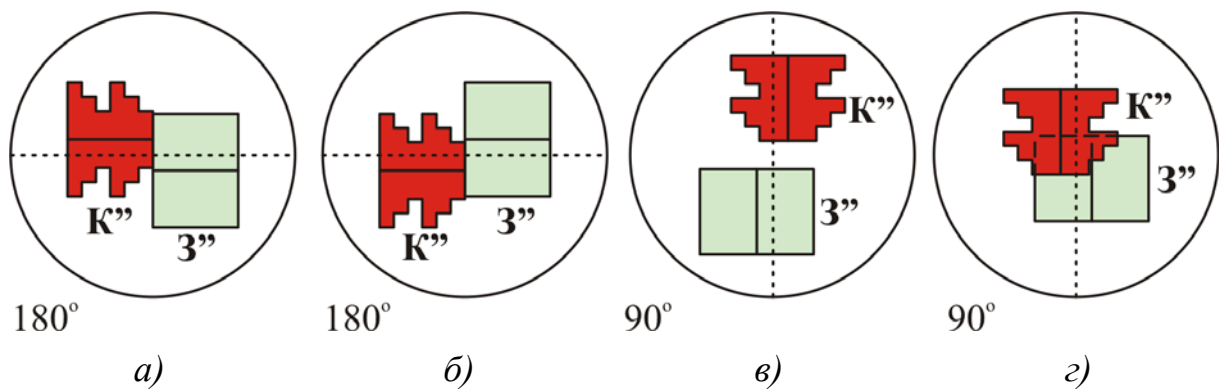


Рис. 6.7. Правильный астигматизм с прямыми или косыми осями

4.3.2. Вновь установить оптическую головку в положение 180° по шкале ТАБО. Привести марки в соприкосновение, в поле зрения окуляра, вращая кольцо 5. Зарисовать наблюдаемую картину (см. рис. 6.7 *а, б*).

4.3.3. Определить угловое расположение второго главного меридиана, который всегда располагается горизонтально или ближе к горизонтали. Вращать оптическую головку прибора за рукоятку 29 до тех пор, пока штрихи марок не образуют одну линию (рис. 6.8 *а* или *б*, второй главный меридиан). Зарисовать наблюдаемую картину. По шкале ТАБО снять отсчет угла оси α [град], и записать его в столбце 7 табл. 6.1. В графе 8 записать вид правильного астигматизма. При этом, если угол оси находится в пределах $\pm 30^\circ$ от вертикали или горизонтали, то aberrация классифицируется как правильный астигматизм с прямыми осями, во всех остальных случаях – с косыми осями.

4.3.4. Привести марки в соприкосновение (рис. 6.8 *в*), вращая кольцо 5, и снять отсчеты: R_2 [мм], D_2 [дптр] по шкалам 11, 12. Измерения произвести при трех наведениях. Результаты измерений занести в графы 5 и 6 табл.6.1.

4.3.5. Повернуть оптическую головку прибора на угол 90° относительно второго главного меридиана, чтобы центральные черные штрихи на

марках вновь встали на одну линию. Это означает, что найдено положение первого главного меридиана. Возможные варианты таковы. Если марки «разъехались», первый главный меридиан имеет более слабую рефракцию (рис. 6.8 з): правильный астигматизм обратного вида с косыми осями. Если же марки «наехали» друг на друга, то первый главный меридиан имеет большую рефракцию (рис. 6.8 д): правильный астигматизм прямого вида с косыми осями. Зарисовать картину и записать соответствующий вывод в графу 8 табл. 6.1. Рассчитать среднее «Ср» и среднее квадратическое отклонение «СКО» по формулам 6.7 и 6.8, соответственно.

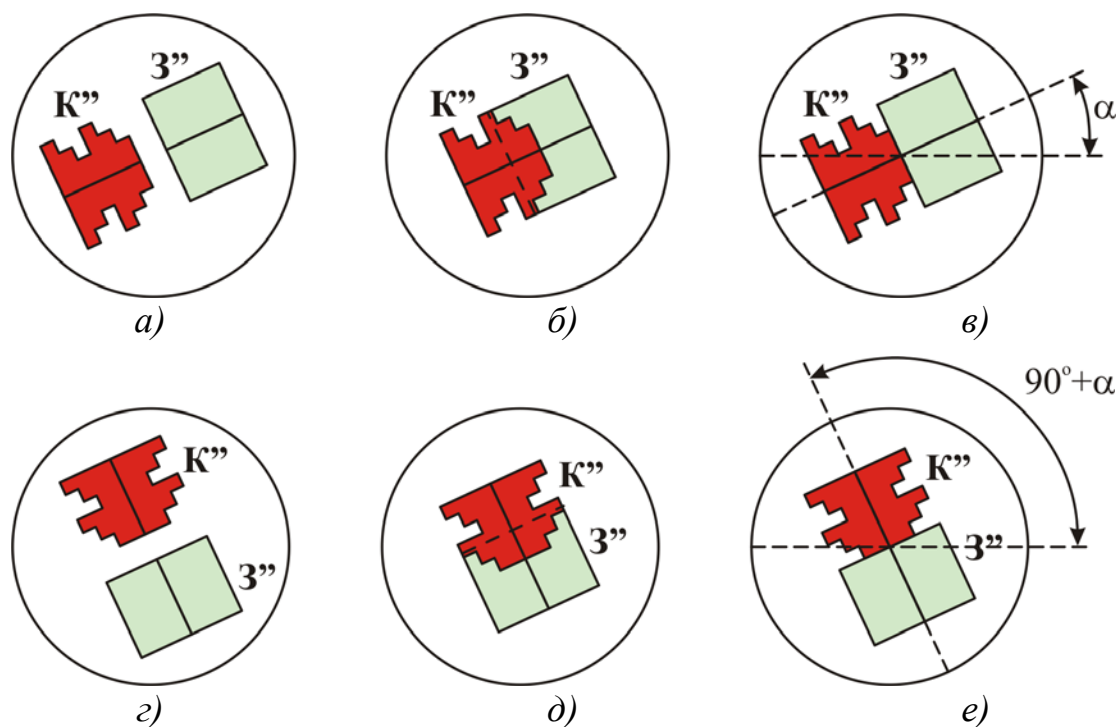


Рис. 6.8. Измерение правильного астигматизма с прямыми или косыми осями

4.3.6. Пользуясь кольцом 12 (см. рис. 6.3), устанавливают один из его указателей так, чтобы он совпал с показанием градусной шкалы, тогда другой указатель, расположенный под углом 90^0 к первому, покажет положение второго главного меридиана без дополнительных вычислений.

4.3.7. Привести марки в соприкосновение (рис. 6.8 e), пользуясь кольцом 5, и снять отсчеты: R_1 [мм], D_1 [дптр], по шкалам 11, 12. Измерения произвести при трех наведениях. Занести результаты измерений в графы 7, 3 и 4 табл. 6.1. Рассчитать среднее «Ср» и среднее квадратическое отклонение «СКО» по формулам 6.7 и 6.8, соответственно.

4.3.8. Рассчитать астигматическую разность по формуле 6.9 и занести в столбец 8 табл. 6.1.

4.4. Пользуясь рукоятками координатного стола и системой 30, 32 контроля рабочего расстояния, подготовить прибор к исследованию парного глаза. Исследовать роговицу парного глаза по п.4.1 – 4.3.

4.5. Поменяться местами и провести аналогичное исследование роговиц парных глаз у бывшего оператора.

5. Устройство оптической системы офтальмометра ОФ-3 с внешней базой

5.1. Оптическая схема офтальмометра ОФ-3

Оптическая схема включает в себя осветительный, контрольный, измерительный и отсчетный каналы.

Осветительный канал (см. рис. 6.9) состоит из двух ламп L_1 , L_2 , двух марок Жаваяля **К** и **З**, нанесенных на зеленые световые фильтры (рабочая длина волны $\lambda=589,3$ нм) с диффузно отражающими экранами. Марки расположены симметрично и под одним и тем же углом к оси OO измерительного канала. Оптические оси ветвей осветительного канала пересекают ось OO на расстоянии R в точке C . Тип композиции - освещение в свободном пространстве.

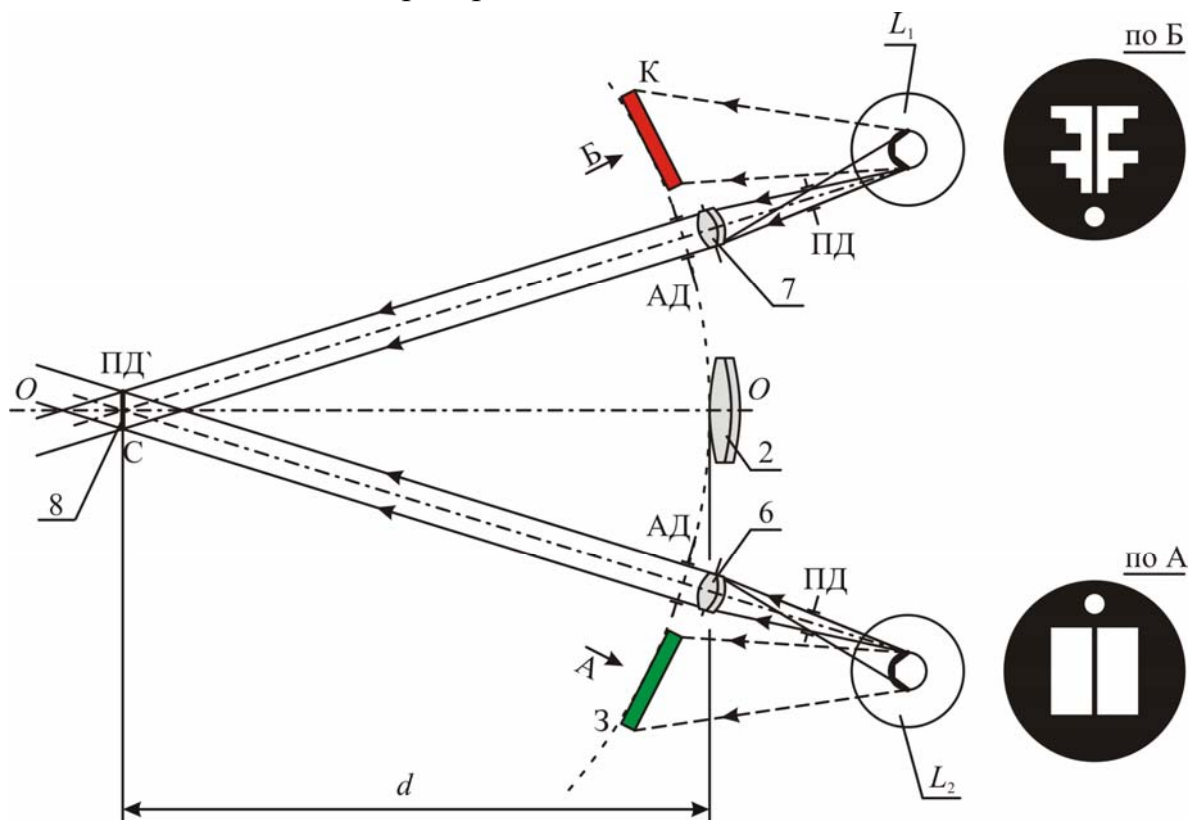


Рис.6.9. Осветительный и контрольный каналы офтальмометра ОФ-3

Контрольный канал (см. рис. 6.9) состоит из двух ламп L_1 , L_2 , двух одинаковых объективов 6, 7, а также двух идентичных апертурных АД и полевых ПД диафрагм. Апертурными диафрагмами являются круглые отверстия в подложках марок. Рабочая область спектра – видимая.

Оптические оси ветвей контрольного канала пересекают оптическую ось OO на расстоянии R в точке C . Каждый из объективов 6, 7 функционирует следующим образом. Изображение нити лампы L_1 (L_2) проектируется в плоскость АД, а изображение соответствующей полевой диафрагмы ПД – на расстояние d с линейным увеличением $\approx 4^x$ (схема диапроекции по Келлеру). Если на расстоянии d установить диффузно отражающий экран 8 (лист белой бумаги или веко глаза), то на нем обозначится один светлый кружок (см. рис.6.4 б). Такая картина означает, что рабочее расстояние d прибора соблюдено. При других расстояниях появится два светлых кружка: рабочее расстояние d прибора не соблюдено (см. рис.6.4 а).

Осветительный и контрольный каналы работают поочередно.

Оптическая система измерительного канала (рис. 6.10) функционирует совместно с осветительным каналом. Она включает в себя переднюю поверхность 1 роговицы как зеркало, объектив 2, состоящий из двух идентичных ахроматизованных оптических компонентов 9 и 10. При установке рабочего расстояния d изображения марок K' , Z' получаются в задней фокальной плоскости роговицы 1 как зеркала и передней фокальной плоскости компонента 9, а затем проектируются на сетку 3 окуляра 4, совпадающую с совмещенными задней фокальной плоскостью компонента 10 и передней фокальной плоскостью окуляра 4. Апертурная диафрагма АД расположена в задней фокальной плоскости объектива 2. Тем самым организован телецентрический ход главных лучей в пространстве предметов объектива 2. Между компонентом 10 и сеткой 3 установлена поляризационная призма Волластона 5 (элемент удвоения), которую перемещают вдоль оптической оси, вращая кольцо 5 (см. рис. 6.3) до тех пор, пока картина в поле зрения окуляра 4 не придет в соответствие с рис. 6.10 а (момент снятия отсчетов). Величина смещения z зависит от величины радиуса кривизны передней поверхности роговицы 1.

В оптическую систему измерительного канала входит передняя поверхность 1 исследуемой роговицы в качестве выпуклого зеркала. Оптическая система канала классифицируется как зеркально-линзовая телескопическая система по Кеплеру с переменным видимым увеличением: $\bar{\Gamma} = V_{\text{рог}} V_2 \bar{\Gamma}_4$, где $V_{\text{рог}}$ – переменное линейное увеличение при отражении от передней поверхности роговицы; $V_2 = -1^x$ – линейное увеличение объектива 2; $\bar{\Gamma}_4$ – видимое увеличение окуляра 4. Величину $V_{\text{рог}}$ рассчитывают по следующей формуле: $V_{\text{рог}} = R_1 / (2R)$, так как действует допущение: $(R_1/2)_{\text{max}} \ll R$. В измерительном канале прибора реализован телецентрический ход лучей в пространстве предметов объектива 2.

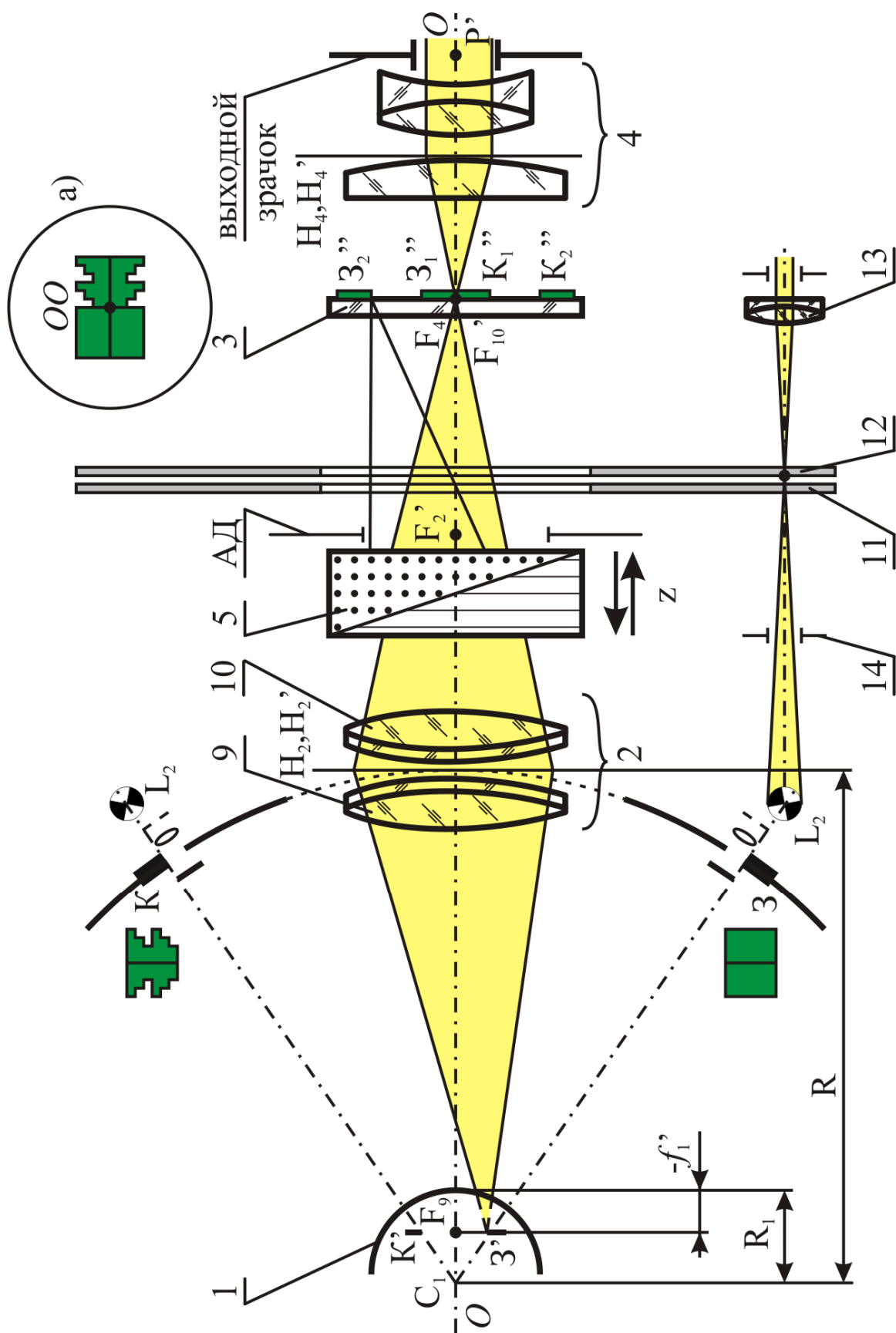


Рис. 6.10. Принципиальная оптическая схема измерительного и контрольного каналов прибора ОФ-3

При одних и тех же исходных условиях: $KZ=l=const$; $(R_1/2)_{max}=const$; $V_2=const$, – увеличение измерительного канала можно варьировать на этапе композиции оптической схемы за счет изменения величины R . В свою очередь, выбор этой величины зависит от выбора расстояния l между измерительными марками (база прибора), при котором в объектив 2 проходят только те световые лучи, которые отразились от центральной зоны передней поверхности роговицы (оптическая зона диаметром примерно 4 мм), а не от ее периферийных участков.

Высота «ступеней лестницы» также зависит от расстояния l между марками. В соответствии с композицией оптической системы прибора ОФ-3 высота одной ступени «лестницы» соответствует изменению рефракции роговицы на одну диоптрию. Понятно, что марки **К** и **З** не могут быть заменены произвольно.

Отсчетный канал прибора образуют шкалы 11 и 12, неподвижные индексы и лупа 13 (рис. 6.10). Шкала 12 рефракций и радиусов кривизны вращается вокруг оптической оси OO измерительного канала при перемещении призмы Волластона 5 вдоль этой оси. Градусная шкала ТАБО 11 вращается синхронно с оптической головкой. Отсчеты по шкалам берутся с помощью лупы 13. Шкалы подсвечиваются лампой L_2 через отверстие 14 в корпусе прибора (освещение в диафрагмированном пространстве).

5.2. Поляризационная призма Волластона как элемент удвоения

Поляризационная призма Волластона (рис. 6.11) состоит из двух прямоугольных призм из исландского шпата с одинаковыми углами θ при вершине. Призмы склеены по гипотинузным граням. В призме ABC оптическая ось кристалла параллельна катету AB ; В призме ACD оптическая ось кристалла параллельна ребру D , перпендикулярному к плоскости рисунка. Грань AB перпендикулярна к оптической оси OO измерительного канала.

Осевой луч сходящегося пучка монохроматического света из внутренней точки **К'** изображения «лестницы» падает под углом ω_1 на грань AB . Возникающие обыкновенный (o) и необыкновенный (e) лучи идут по разным направлениям, причем $tg \omega_{2o}/tg \omega_{2e} = n_o/n_e$. Так как показатели преломления исландского шпата $n_o=1,6584$ и $n_e=1,4864$, то необыкновенный луч (e) отклонится на меньший угол ω_{2e} от основания клина ABC , чем обыкновенный луч (o) (ω_{2o}). Лучи o и e поляризованного света падают на грань AC под углами ω_{3o} и ω_{3e} к нормали.

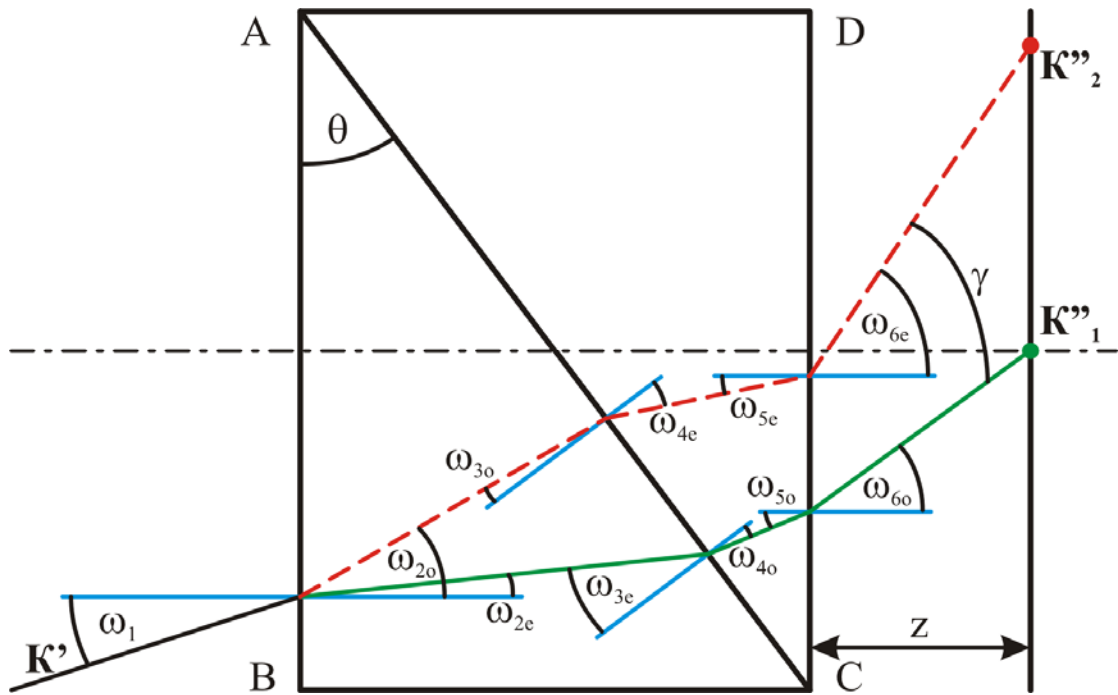


Рис. 6.11. Действие призмы Волластона

В призме ACD обыкновенный луч (o) ($n_o=1,6584$ – показатель преломления обыкновенного луча) превращается в необыкновенный (e) ($n_e=1,4864$ – показатель преломления необыкновенного луча). Этот луч, бывший обыкновенным в призме ABC , преломится на грани AC с относительным коэффициентом преломления $n_e/n_o > 1$ и отклонится к вершине C призмы ($\omega_{3e} > \omega_{2o}$). Пользуясь приближенной формулой для угла ε_{1o} отклонения обыкновенного луча клином, можно записать: $\varepsilon_{1o} \approx \theta(n_o - n_e)$, где ε_1 – угол отклонения этого уже необыкновенного луча после призмы ABC . Призма ACD отклонит бывший обыкновенным луч на угол $\varepsilon_{2o} \approx \theta(n_o - 1)$.

Луч, бывший в призме ABC необыкновенным, упадет на грань AC с относительным коэффициентом преломления $n_o/n_e < 1$, станет обыкновенным и отклонится в сторону основания AD . Для углов отклонения первоначально необыкновенного луча (e) справедливы приближенные формулы: $\varepsilon_{1e} \approx \theta(n_e - n_o)$, $\varepsilon_{2e} \approx \theta(n_e - 1)$.

На выходную грань CD призмы ACD оба луча падают отдельно, под углами ω_{5e} и ω_{5o} , к нормали, соответственно, выходят в воздух ($n_g=1$) и отклоняются на углы ω_{6e} и ω_{6o} к ее основанию AD ($n_g < n_e$ и $n_g < n_o$). Так как $\theta_1 = \theta_2 = \theta$, то углы ε отклонения этих лучей после призмы $ABCD$ составят $\varepsilon_e = \varepsilon_{1e} + \varepsilon_{2e} = \theta(n_e - 1)$ и $\varepsilon_o = \varepsilon_{1o} + \varepsilon_{2o} = \theta(n_o - 1)$. В результате общее расхождение лучей после призмы составит $\gamma = \varepsilon_e - \varepsilon_o \approx 2\theta(n_o - n_e)$.

Аналогично происходит раздвоение пучка лучей монохроматического света, исходящего из изображения $З'$ внутренней вершины марки «кирпич».

Таким образом, в измерительном канале прибора изображения $К''_1, З''_1$ марок, участвующие в получении стандартного расположения (момент снятия отсчета, рис. 6.10 а), формируют соответственно пучки необыкновенных и обыкновенных лучей. В момент снятия отсчета показанные на рис. 6.10 осевые лучи от вершины «лестницы» $К''_1$ и внутренней границы «кирпича» $З''_1$ пересекают оптическую ось $ОО$ в осевой точке сетки 3 прибора. Призма 5 Волластона должна при этом находиться на вполне определенном расстоянии z вдоль оптической оси от сетки 3. Расстояние z зависит от радиуса R_1 кривизны передней поверхности роговицы 1. Зная минимальное и максимальное значения радиусов кривизны роговицы 1, рассчитывают, соответственно, величины l''_{max}, l''_{min} расхождения изображений $К''_1, З''_1$ на сетке 3; затем – пределы перемещения призмы Волластона 6 из соотношений: $l''_{max} = z_{max} \operatorname{tg} \varepsilon_{o,e}, l''_{min} = z_{min} \operatorname{tg} \varepsilon_{o,e}, l''_{max} - l''_{min} = (z_{max} - z_{min}) \operatorname{tg} \varepsilon_{o,e}$, где z_{max} и z_{min} – расстояния вдоль оптической оси $ОО$ от выходной грани призмы 6 до сетки 3 при максимальном и минимальном радиусе роговицы 1, соответственно. Разность $z_{max} - z_{min}$ определяет пределы смещения призмы Волластона 5 вдоль оптической оси $ОО$ измерительного канала. От их значения зависят технические параметры самой призмы. Для уменьшения угла θ при вершине призм, образующих систему Волластона, следует уменьшать расстояние l между измерительными марками (база прибора) и увеличивать величину z_{max} (которая определяет длину прибора). Чем шире границы перемещения призмы Волластона 5 вдоль оптической оси $ОО$, тем выше чувствительность офтальмометра. Дискретность измерения радиуса кривизны R_1 , а, следовательно, и рефракции роговицы, является одной из важнейших технических характеристик офтальмометра.

Установка призмы Волластона, у которой $\alpha=30^0$ и $\gamma=5^045'$ ($\lambda=589,3$ нм; $n_o=1,6584$; $n_e=1,4864$) в офтальмометр ОФ-3, позволяет исследовать роговицу в пределах биологической изменчивости ее параметров.

5.3. Технические характеристики офтальмометра ОФ-3

Прибор ОФ-3 имеет следующие технические характеристики:

Диапазон измерений радиуса кривизны передней поверхности роговицы, [мм]	5 ÷ 11,8
Пределы допустимой абсолютной погрешности при измерении радиусов кривизны, [мм]	±0,05
Диапазон измерений рефракции по шкале рефракций, [дптр]	28 ÷ 66
Диапазон измерений по шкале углов, [град]	±180
Увеличение оптической системы измерительного канала, [крат]	17

Критерием предельного состояния офтальмометра является невозможность или технико-экономическая нецелесообразность восстановления пределов допустимой абсолютной погрешности при измерении радиусов кривизны.

6. Устройство офтальмометра Жавая с внутренней базой

Принцип действия прибора основан на изменении в каждом из главных меридианов расстояния $KZ=l$ (см. рис. 6.2) путем вращения осветителя прибора и последующего симметричного перемещения измерительных марок **К** и **З** по дуге радиусом R до получения стандартной картины на сетке **З** окуляра (момент снятия отсчетов).

6.1. Оптическая система офтальмометра Жавая

Оптическая система прибора (рис. 6.12) включает в себя осветительный и измерительный каналы.

Осветительный канал состоит из двух идентичных ветвей L_1K и L_2Z , оси которых пересекаются с оптической осью OO измерительного канала, на расстоянии R от объектива 2 измерительного канала. Марка «лестница» освещается через красный световой фильтр, а марка «кирпич» – через зеленый (тип осветителя – освещение в свободном пространстве). При изменении расстояния $KZ = l$ композиция канала не нарушается.

В измерительном канале центр кривизны C передней поверхности роговицы 1 находится на расстоянии R от главных плоскостей объектива 2. Роговица 1 как выпуклое зеркало изображает марки **К** и **З** в своей задней фокальной плоскости, совмещенной с передней фокальной плоскостью F_9 компонента 9 объектива 2. Задняя фокальная плоскость компонента 10 совмещена с передней фокальной плоскостью окуляра 4. Между ахроматизованными компонентами 9 и 10, в параллельном ходе лучей, наклоненном к оси OO измерительного канала, установлен элемент удвоения – бипризма Френеля 5. Расположение апертурной диафрагмы АД, совпадающей с задней фокальной плоскостью объектива 2, обеспечивает телецентрический ход главных лучей в пространстве предметов объектива 2.

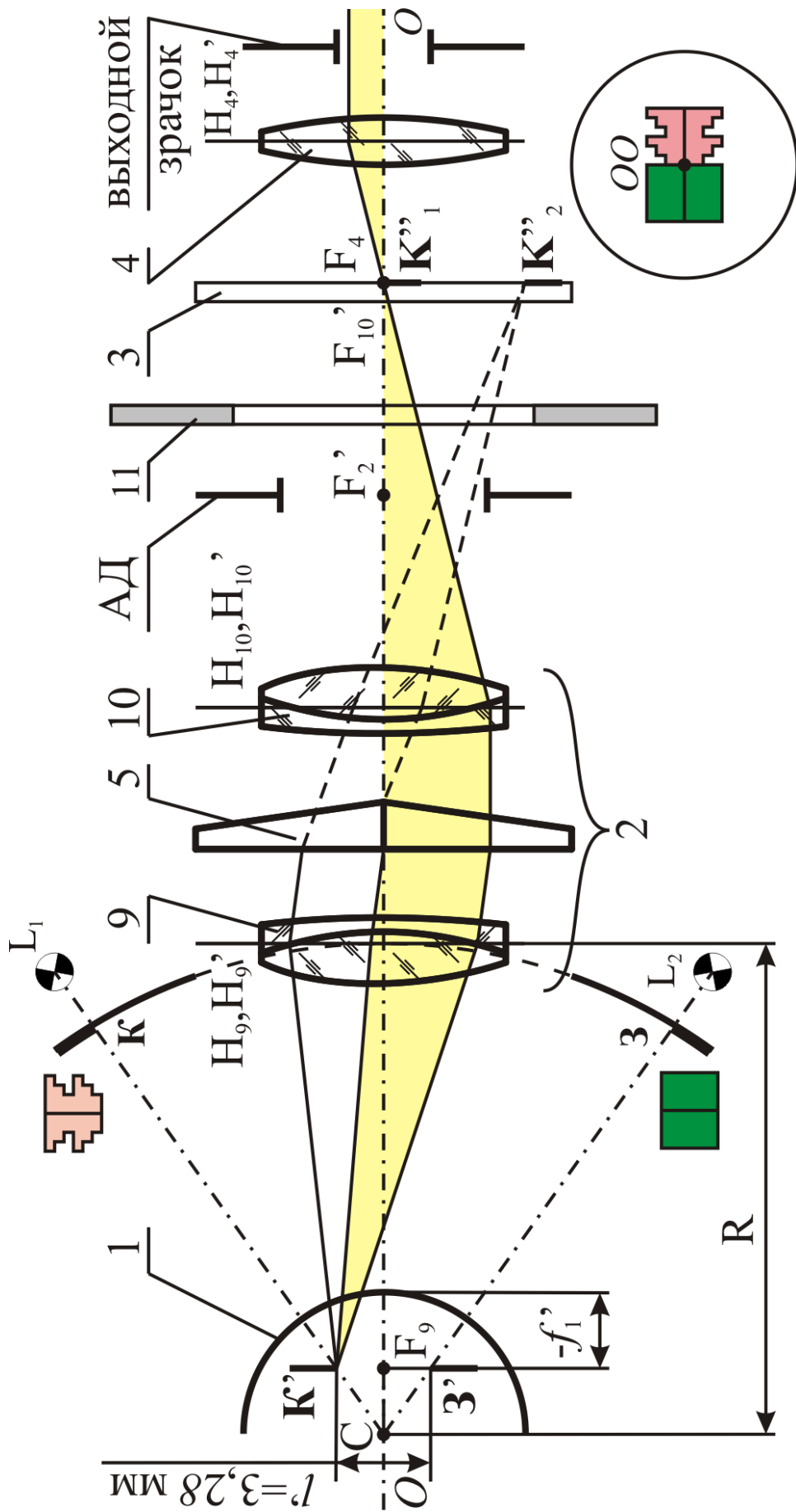
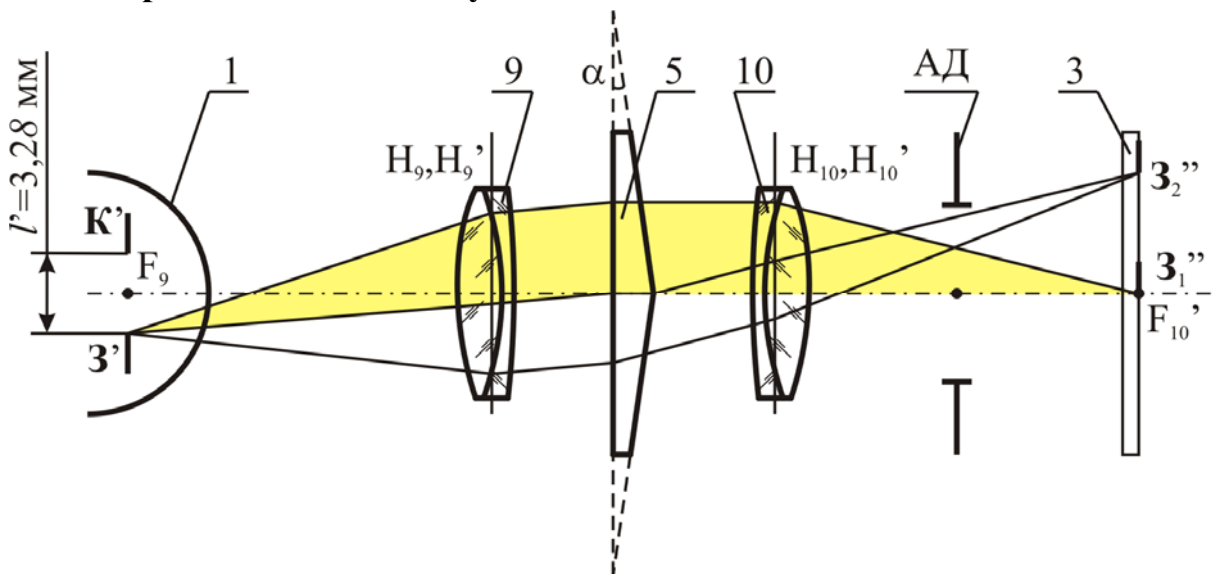


Рис. 6.12. Оптическая схема офтальмометра Жавая

6.2. Бипризма как элемент удвоения



6.13. Действие бипризмы Френеля

Действие бипризмы 5 поясняется рис. 6.13. Каждый из оптических клиньев бипризмы 5 воспринимает два наклонных плоских волновых фронта от изображений K' и Z' измерительных марок, отклоняя падающие параллельные лучи к своему основанию. Таким образом, после бипризмы 5 возникает четыре пучка параллельных лучей. Два из них уменьшают углы наклона к оси OO , формируя метрологические изображения Z''_1 и K''_1 . В момент, когда расстояние между измерительными марками K и Z соответствует внутренней базе $K'Z'=l'=const$ прибора, пучки лучей, формирующие стандартную измерительную картину $Z''_1K''_1$, становятся параллельны оси OO (момент снятия отсчета).

6.3. Расчет внутренней базы офтальмометра Жаваяля

Расстояние l' между изображениями K' и Z' марок в передней фокальной плоскости роговицы 1 как в зеркале связано с расстоянием $l = KZ$ между марками по дуге офтальмометра и радиусом R_1 кривизны передней поверхности соотношением 6.2. Рефракция роговицы D_1 [дптр], как бесконечно тонкого положительного мениска связана с радиусом R_1 его передней поверхности соотношением 6.5. Окончательно для расчета величины рефракции роговицы используем формулу 6.6.

Измерив переменную величину l расстояния между марками K и Z по дуге офтальмометра при оптически сопряженном с ним и постоянном расстоянии l' между изображениями этих марок (внутренняя база), получают значения радиуса кривизны R_1 передней поверхности и рефракции D_1 исследуемой роговицы.

С помощью офтальмометра с внутренней базой измеряется величина отрезка l (расстояние между марками K и Z по дуге офтальмометра) при постоянной величине отрезка l' (расстояние между изображениями K и Z

марок в передней поверхности роговицы как в зеркале). Это расстояние зависит от технических характеристик бипризмы как элемента удвоения прибора. Привести в соприкосновение внутренние поверхности изображений марок на оптической оси измерительного канала можно, только установив определенное значение отрезка l' . Композиция оптической системы прибора такова, что изменение рефракции роговицы D на одну диоптрию соответствует согласованному перемещению марок на один градус по дуге φ офтальмометра.

Линейный размер длины дуги офтальмометра l удобно выразить через ее угловой размер φ [град]:

$$l = 2\pi R\varphi/360. \quad (6.10)$$

Решая уравнение 6.6 относительно l' для двух значений рефракции роговицы D_1 и D_2 и соответствующих им двух угловых размеров дуги φ_1 и φ_2 , и используя выражение 6.10, получаем:

$$l' = 1000\pi(n_1 - 1)(\varphi_1 - \varphi_2)/(360(D_1 - D_2)). \quad (6.11)$$

Полагая, что $\varphi_1 - \varphi_2 = 1^\circ$, $D_1 - D_2 = 1$ дптр, $n_1 = 1,376$, имеем: $l' = 3,28$ мм. Таким образом, внутренние поверхности изображений марок **К** и **З** соприкасаются в поле зрения окуляра, если расстояние **КЗ** = $l' = 3,28$ мм.

6.4. Техническое описание офтальмометра Жаваяля

Прибор состоит из основания 13, на котором монтируются лицевой установ 14 и кинематический механизм с оптической головкой (рис.6.14).

Подбородник 15 и налобник предназначены для фиксации головы пациента. Перемещение подбородника 15 по высоте осуществляется вращением рукоятки 19. На лицевом установе 14, примерно на уровне глаз пациента, предусмотрен металлический шарик 17, являющийся контрольной сферой. Радиус фронтальной поверхности контрольной сферы составляет $7,700 \pm 0,003$ мм. На лицевом установе предусмотрен поворотный оклюдор 16, выключающий неисследуемый глаз пациента.

На основании 13 закреплена направляющая, по которой поступательно перемещается ползун 20 при вращении рукоятки 18. На ползуне 20 установлена стойка 21 с оптической головкой прибора, которую можно повернуть вручную вокруг вертикальной оси стойки 21 с последующей фиксацией ее расположения с помощью стопорного винта 19. На кронштейне 22, размещен механизм регулировки оптической головки по высоте: она наклоняется «вверх-вниз» при вращении рукоятки 23.

На корпусе оптической головки установлены: направляющая 12 со шкалами радиусов [мм] и рефракций [дптр], механический прицел 24 и градусная шкала ТАБО 11. Вдоль направляющей 12 согласованно

движутся два ползуна с осветителями L_1, L_2 измерительных марок Жавая. Расстояние между марками изменяется при вращении рукоятки 25. Механический прицел 24 состоит из прорези и целика и служит для наводки на роговицу исследуемого глаза пациента. Корпус оптической головки можно вращать вручную вместе с градусной шкалой ТАБО. Угол оси при правильном астигматизме отсчитывается по градусной шкале ТАБО и неподвижному индексу. Выдвижной окуляр 4 позволяет компенсировать аметропию оператора, а кольцо 26 - регулировать положение рисунка сетки окуляра в виде черной осевой линии. С помощью выключателя 27 и электрического кабеля 28 прибор включают в сеть.

7. Поверка офтальмометра Жавая

Поверка является элементом технического обслуживания прибора, обеспечивая надежность результатов измерений, и проводится представителем территориального органа Госстандарта в соответствии с методикой, разрабатываемой заводом-изготовителем. Для выполнения поверки в комплект каждого из приборов входит контрольная сфера. В данной работе поверка прибора предпринимается с целью оценить точность измерений в офтальмометрии. Точность оценивается при десяти наведениях по средней квадратической ошибке измерений радиуса контрольной сферы.

Вращать окуляр 4 до тех пор, пока черта на сетке окуляра не станет резко видна (см. рис. 6.14). Вращая кольцо 26 окуляра, выставить штрих сетки горизонтально. Отжать стопорный винт 29, затем, наблюдая в механический прицел 24 и вращая рукоятку 23, навести примерно на вершину контрольной сферы 17. Включить подсветку марок **К**, **З**, используя электрический кабель 28 и выключатель 27.

Наблюдая в окуляр 4 и вращая рукоятку 18, смещать ползун 20 по направляющей до получения в поле зрения окуляра двух пар резких изображений марок **К**, **З**. Зажать стопорный винт 29.

Вращая рукоятку 23, совместить поперечную черту на сетке окуляра и поперечные штрихи изображений \mathbf{K}''_1 и \mathbf{Z}''_1 марок. Наблюдая в окуляр 4 и вращая рукоятку 25, передвигать осветители с марками по дуге 12 до тех пор, пока изображения \mathbf{K}''_1 и \mathbf{Z}''_1 марок коснутся друг друга. По шкалам, расположенным на дуге 12, произвести отсчет рефракции (в дптр) и радиуса (в мм) контрольной сферы 17. При измерениях каждому оператору провести по десять наблюдений.

Проделать те же операции для вертикального меридиана, повернув дугу 12 на 90° используя шкалу ТАБО 3. Результаты измерений записать в таблицу по типу таблицы 6.1.

Обработать результаты измерений, рассчитав по формулам 6.7 и 6.8 средние значения и средние квадратические отклонения измеренных рефракций и радиусов кривизны контрольной сферы в двух меридианах. По формуле 6.9 вычислить астигматическую разность контрольной сферы.

Установить по градусной шкале ТАБО 3 отсчет 180° .

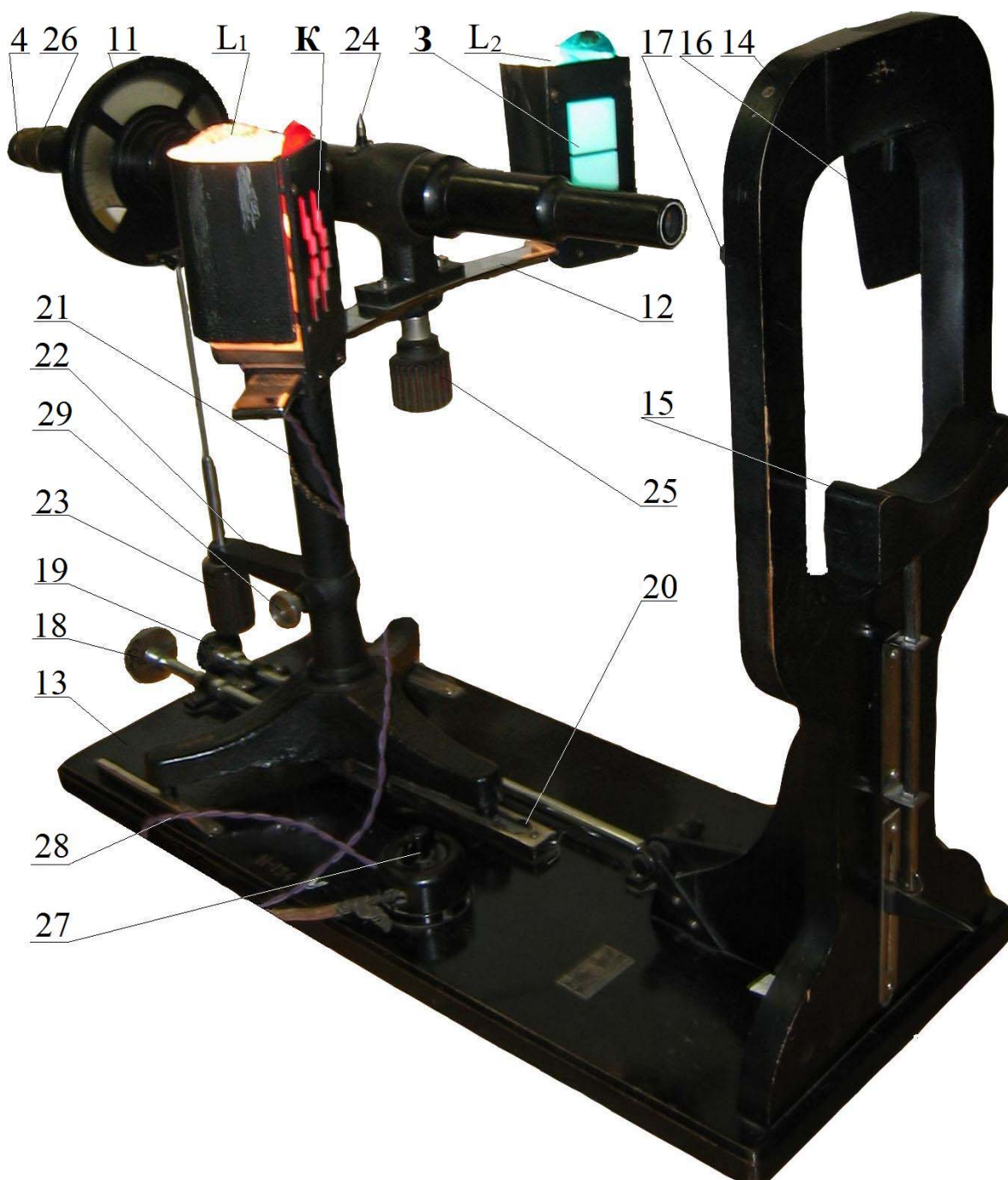


Рис. 6.14. Офталмометр Жавая

Содержание отчета

1. Назначение офтальмометрии. Виды офтальмометров.
2. Оптические схемы офтальмометров ОФ-3 и Жавая с ходом лучей.
3. Блок-схема устройства и технические характеристики прибора ОФ-3.
4. Блок-схема методики и результаты исследования роговиц двух пар глаз.
5. Техническое описание и технические характеристики офтальмометра Жавая.
6. Результаты поверки офтальмометра Жавая.
7. Выводы по лабораторной работе.

Вопросы

1. Что представляет собой глаз как оптическая система?
2. Какие допущения в устройстве роговицы приняты при композиции оптической системы офтальмометра?
3. Какова общая характеристика правильного астигматизма роговицы?
4. Назначение и виды офтальмометров. Как учтено устройство зрительного анализатора человека и цели его исследования в композиции офтальмометров?
5. . Каковы технические характеристики приборов ОФ-3 и Жавая.
6. Что общего и каковы различия в устройстве оптических систем приборов с внешней и внутренней базой?

Литература

1. Курчинская Л. Н. Медицинские оптические приборы. Учебное пособие. Л.: ЛИТМО, 1988.-90 с.
2. Урмахер Л. С., Айзенштат Л. И. Офтальмологические приборы. М.: Медицина, 1988.- 288с.
3. Черкасова Д. Н. Офтальмологическая оптика. Конспект лекций. СПбУИТМО: 2001. 192 с.
4. Мягких Т. Н., Этко Л. И. Оптическая схема офтальмометра новой модели.- Вопросы медицинской техники М., 1982.с.46.
5. ISO10343:2009. *Ophthalmic instruments – Ophthflmometers*.
6. ГОСТ Р ИСО 10343-2008. Офтальмометры. Технические требования и методы испытаний.
7. Офтальмометр ОФ-3. Техническое описание и инструкция по эксплуатации.

Лабораторная работа № 7

СТЕРЕОСКОПИЧЕСКИЙ МИКРОСКОП СО ЩЕЛЕВОЙ ЛАМПОЙ

Цели работы: освоение принципов композиции ООП в соответствии с Международными стандартами *ISO*. Приобретение практических навыков эксплуатации прибора «Стереоскопический микроскоп со щелевой лампой» (далее – «Стереомикроскоп со щелевой лампой»).

Задание для работы

1. Ознакомиться с краткой теорией и назначением ООП «Стереомикроскоп со щелевой лампой».
2. Выявить обязательный состав прибора по стандарту *ISO 10939:2007*.
3. Освоить конструкцию и оптическую систему прибора ЩЛ - 2Б.
4. Подготовить прибор ЩЛ - 2Б к исследованию глазных сред.
5. Получить и наблюдать «оптические срезы» роговиц.
6. Выявить особенности подготовки прибора ЩЛ – 56 к работе.
7. Сравнить технические характеристики двух приборов.
8. Оценить соответствие технических характеристик приборов ЩЛ – 2Б и ЩЛ – 56 стандарту *ISO*.
9. Результаты и выводы

1. Краткая теория

Стереомикроскоп с осветительной системой «щелевая лампа» предназначен для бесконтактного визуального исследования «оптических срезов» роговицы и хрусталика (объективный метод исследования «биомикроскопия») или стекловидного тела и глазного дна (объективный метод исследования «биомикроофтальмоскопия»). Оба метода наблюдения основаны на свойстве некоторых оптических сред глаза создавать вторичные световые потоки при прохождении через них первичного светового потока. Во-первых, первичный световой поток частично зеркально отражают поверхности (передняя и задняя поверхности роговицы, поверхности оптической системы хрусталика, граничные поверхности стекловидного тела, слой сетчатки), разделяющие оптические среды с различными показателями преломления. Во-вторых, эта часть оптических сред создает вторичное излучение при падении на эти среды первичного светового потока. Свечение происходит как следствие диффузного рассеяния этого света, вызванного оптической неоднородностью глазных сред (явление Тиндаля в мутных средах). Характерной особенностью вторичного излучения мутных сред является сдвиг максимума в сторону коротких (голубых) длин волн. Глазное дно, как экран, диффузно отражает часть падающего на него первичного энергетического потока. Коэффициент диффузного отражения светового

потока составляет примерно 0,2.

2. Стереомикроскоп со щелевой лампой по стандарту ISO 10939:2007

Приведенные в стандарте минимальные медико-технические требования относятся к основной длине волны: $\lambda=546,07$ нм, $\lambda=587,56$ нм.

Щелевая лампа формирует первичный световой поток в виде «светового ножа», освещая оптические среды глаза. Оптическая система щелевой лампы komponуется по схеме эпипроекции по Келлеру. Обязательны регулировка мощности и спектрального состава первичного светового потока. Полевая диафрагма имеет форму щели.

Часть возникающего вторичного светового потока, направленного навстречу первичному, воспринимается оптической системой стереомикроскопа. Стереомикроскоп состоит из объектива, оптической системы с переменным или фиксированным увеличением, тубуса и окуляров. Видимое увеличение стереомикроскопа должно составлять $5^x \div 20^x$ (оптимальная величина – $18 \div 20^x$). Глубина резкости T_M стереомикроскопа рассчитывается по следующей формуле: $T_M = \lambda(2 \cdot A^2) + 1/(7 \cdot \Gamma \cdot A)$, где Γ - полное видимое увеличение, A - числовая апертура. Глубина резкости должна быть такова, чтобы были видны одновременно резко роговица, радужка и хрусталик. Расстояние от передней поверхности роговицы до фронтальной оптической поверхности прибора (рабочее расстояние) должно составлять $60 \div 100$ мм. Вынос выходных зрачков должен быть не менее 17 мм от последней поверхности, что позволяет наблюдать в очках.

Обязательной является реализация принципа фокального освещения: предметная плоскость стереомикроскопа совпадает с плоскостью изображения щелевой диафрагмы. Другие требования к оптической системе прибора сведены в табл. 7 1.

Таблица 7.1. Минимальные медико - технические требования.

Критерий		Значение	
Разность увеличений правой и левой наблюдательных систем		3%	
Непараллельность осей правой и левой наблюдательных систем	По вертикали		
	По горизонтали	Конвергенция	$\leq 15'$
		Дивергенция	$\leq 45'$
		$\leq 10'$	
Окуляр	Диапазон межзрачковых расстояний		$55 \div 72$ мм
	Диоптрийная подвижка (вынос зрачка ≥ 17 мм), дптр		$-5 \div +5$; $-4 \div +2$
Изображение «щели»	Минимальная ширина		$\leq 0,2$ мм
	Минимальная высота		$\leq 8,0$ мм
	Максимальная ширина		$\leq 8,0$ мм

Стереомикроскоп со щелевой лампой образуют оптическую головку

прибора, которая устанавливается на механической оси координатного стола, проходящей через вершину передней поверхности роговицы исследуемого глаза. Взаимное ориентирование глаза и прибора достигается с помощью лицевого установа и перемещений координатного стола. Угол биомикроскопии (угол между оптическими осями стереомикроскопа и щелевой лампы) плавно изменяется от 0° до $\pm 60^\circ$ взаимным разворотом оптических систем стереомикроскопа и щелевой лампы относительно упомянутой механической оси, лежащей в плоскости изображения щелевой диафрагмы. Как следствие, при изменении угла биомикроскопии изображение объекта исследования остается неподвижным.

В приборе предусматриваются: откидная офтальмологическая линза Хруби и копир; узел фиксации точки, который используется для вращения глазного яблока через содружественные движения парных глаз.

3. Конструкция и оптическая система прибора ЩЛ-2Б

Прибор ЩЛ-2Б комплектуется по модульному принципу (рис. 7.1). Сборочные единицы (модули): основание 1; координатный стол 2; оптическая головка, включающая щелевую лампу 3, стереомикроскоп 4, узел линзы Хруби (5, 32); лицевой установ 6; узел фиксации точки 7; блок питания 8 (не показан), – образуют базовую модель.

На основании 1 монтируются координатный стол 2 и лицевой установ 6. Щелевая лампа 3 и стереомикроскоп 4 установлены на механическую ось 9 координатного стола с возможностью автономного или совместного вращения вручную. На тубусе стереомикроскопа закреплен узел линзы Хруби 5. Лицевой установ 6 состоит из налобника 10 и подвижного подбородника 11. На налобнике установлены шарнирное устройство с фиксационной точкой 7 и копир 32 линзы Хруби.

Перемещение каретки 12 с оптической головкой по двум взаимно перпендикулярным направлениям, в горизонтальной плоскости осуществляется наклоном рукоятки 13 при точной наводке, а при переходе к исследованию парного глаза – посредством перемещения каретки рукой влево или вправо с последующей фиксацией расположения каретки поворотом рукоятки 14. Перемещение оптической головки по высоте производится поворотом кольца 15. Стереомикроскоп крепится на кронштейне 16, а щелевая лампа – на кронштейне 17. Щелевая лампа и стереомикроскоп поворачиваются вручную вокруг механической оси 9 совместно или независимо. Последующая фиксация щелевой лампы осуществляется ручкой 18, а стереомикроскопа – ручкой 19. В результате вводится угол биомикроскопии, который определяется по шкалам 20. При угле биомикроскопии 0° стереомикроскоп и щелевая лампа скрепляются друг с другом с помощью ручек 18, 19.

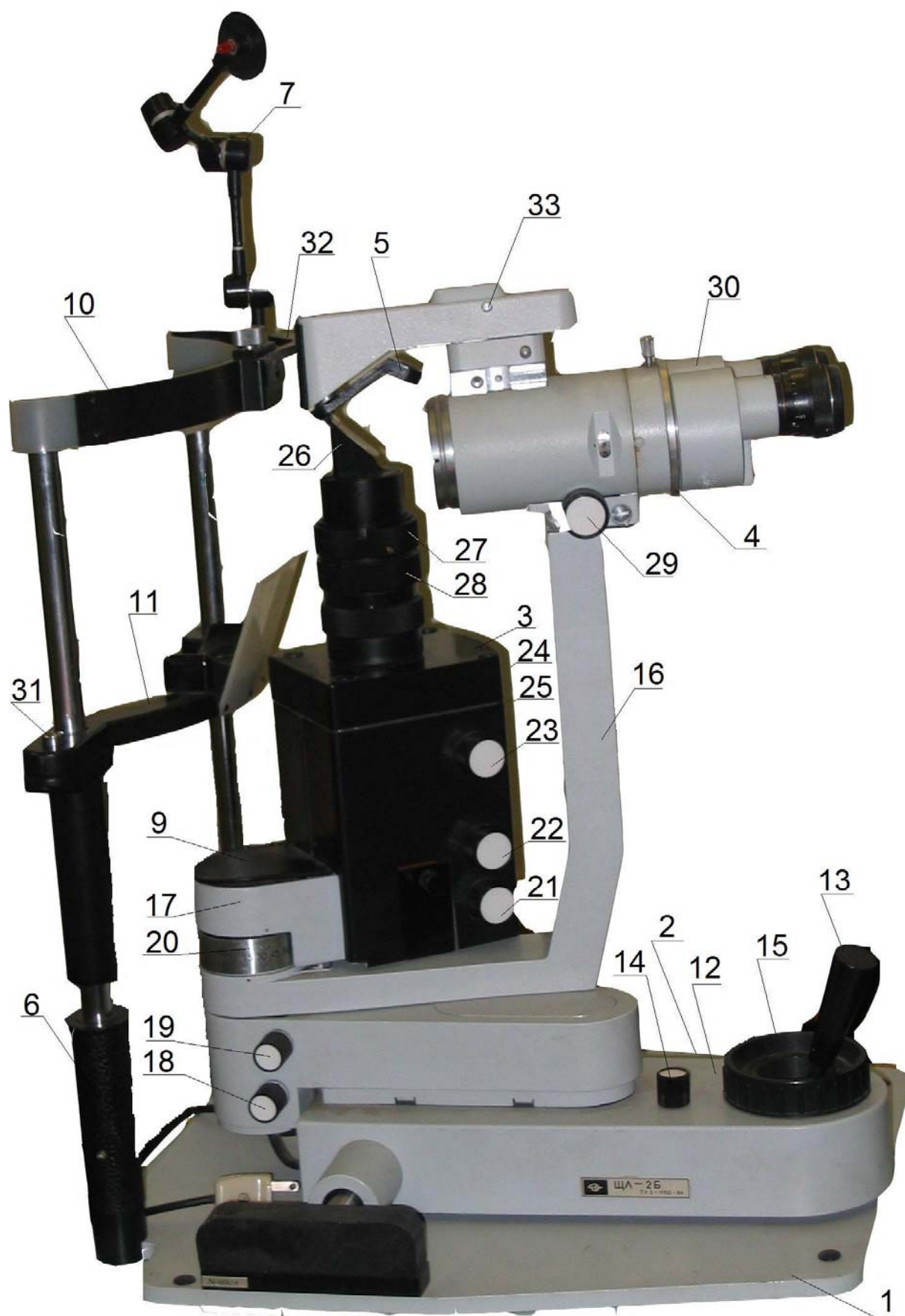


Рис. 7.1. Стереоскопический микроскоп со щелевой лампой ЩЛ-2Б.

Щелевая лампа 3 обеспечивает получение первичного светового потока определенного сечения, мощности и спектрального состава. Для этого в корпусе щелевой лампы komponуются следующие элементы оптической системы (по ходу первичного светового потока): галогенная лампа, конденсор, механизм щелевой диафрагмы и револьверное устройство с набором круглых диафрагм, револьверное устройство со светофильтрами, объектив, апертурная диафрагма и головная призма. Галогенная лампа заменяется без юстировки при открытой крышке на корпусе щелевой лампы. Для изменения размеров щелевой диафрагмы по ширине (плавно) служит ручка 22, а по высоте (дискретно) – ручка 21. Смена цветных (фиолетовый, красный, зеленый) и нейтральных светофильтров производится поворотом дисков 24, 25, соответственно. Светофильтры устанавливаются в фиксированных положениях по рискам на дисках, причем, цветные- по окрашенным, а нейтральные- по серым. Головная призма 26 монтируется на сменной головке, которая разворачивается на угол $\pm 6^{\circ}$ при вращении кольца 27 с накаткой. Диаметр установленной там же апертурной диафрагмы изменяется плавно поворотом кольца 28 с накаткой.

В тубусе стереомикроскопа 4 размещены (по ходу вторичного светового потока): объектив, две панкратические системы смены увеличений и две тубусные линзы. Плавная смена увеличений стереомикроскопа осуществляется вращением рукоятки 29 с отсчетом по шкале. К торцу тубуса крепится бинокулярная приставка 30, содержащая две оборачивающих призмённых системы, две сетки и два окуляра. Расстояние между окулярами регулируют разворотом вручную корпусов призм. Компенсация аметропии глаз оператора обеспечена поворотом оправ окуляров.

Подбородник 11 и налобник 10, komponуются на двух вертикальных стойках. При нажатии на кнопку 31 направляющая с подбородником свободно скользит по стойкам, при отпускании кнопки 31 положение подбородника четко фиксируется.

Для ввода линзы Хруби 5 в оптическую систему прибора необходимо вручную развернуть на 180° оправу с линзой до фиксированного положения, затем нажать кнопку 33. Линза выйдет из фиксированного положения и под действием пружины переместится до упора в копир 32.

3.1. Оптическая система прибора ЩЛ-2Б

Оптическая система прибора рассматривается для глаз оператора-эмметропа.

В оптической системе щелевой лампы нить 34 галогенной лампы проецируется конденсором 35 и объективом 36 в плоскость апертурной диафрагмы АД (рис. 7.2). Объектив 36 через головную призму 26

проецирует изображение ПД' (щелевой диафрагмы) 21, 22 в предметную плоскость стереомикроскопа (схема диапроекции по Келлеру). Такой способ освещения называется фокальным. Ширина щелевой диафрагмы плавно изменяется с помощью диафрагмы 22, а высота- с помощью набора диафрагм 21. Изображение щелевой диафрагмы вращается вокруг оптической оси при вращении ручки 23 (см. рис. 7.1). Сменные световые фильтры 24 (фиолетовый, зеленый и красный) служат для выбора рабочего спектрального диапазона. В отсутствии светофильтров, а также при вводе в ход лучей нейтральных фильтров 25 спектральный состав первичного светового потока - $400\div 700$ нм.

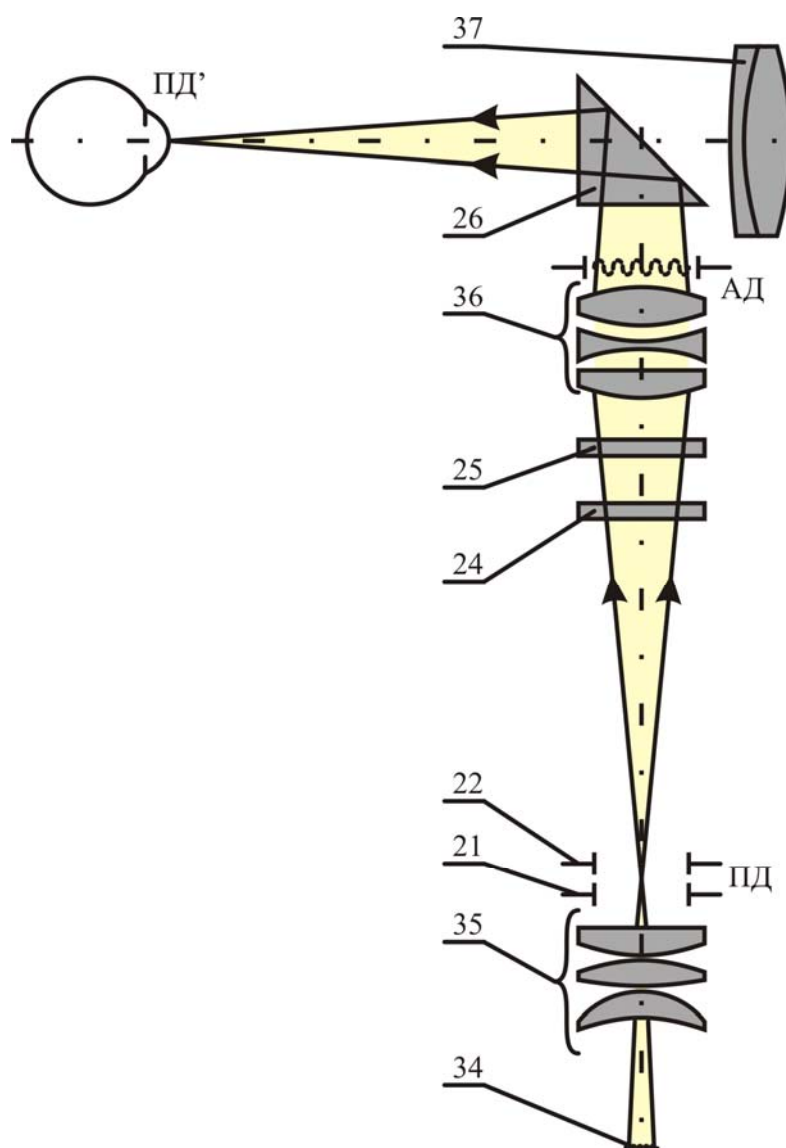


Рис. 7.2. Оптическая схема прибора ЩЛ-2Б. Щелевая лампа.

Щелевая лампа создает первичный световой поток в виде «светового ножа», переменных ширины и высоты, мощности и спектрального состава. Первичный световой поток формирует изображение ПД' щелевой диафрагмы в зоне исследуемого участка переднего отдела глаза. Для

исследования переднего отдела глаза в рассеянном свете предусмотрено откидное матовое стекло перед призмой 26.

Плоскость изображения ПД' щелевой диафрагмы совмещена с передней фокальной плоскостью F_{37} объектива 37 стереомикроскопа (фокальное освещение) (рис. 7.3). Входной зрачок находится на минус бесконечности, и числовая апертура стереомикроскопа определена передним апертурным углом σ_A .

В плоскости промежуточного изображения входного зрачка (задняя фокальная плоскость объектива F'_{37}), вторичный световой поток разделяется на две ветви с идентичными энергетическими параметрами. Между объективом 37 и его задней фокальной плоскостью, в параллельном ходе лучей, установлены две панкратических системы 38 смены увеличений и две тубусных линзы 39. Разделенный вторичный световой поток проходит через две призмённых оборачивающих системы 40, и формируется два изображения в задних фокальных плоскостях F'_{39} линз 39. на сетках 41. Эти плоскости совпадают с передними фокальными плоскостями F_{42} каждого из двух окуляров 42. Призмённые системы 40 позволяют плавно привести в соответствие расстояние между оптическими осями окуляров 42 с глазной базой $b_{2л}$ оператора. В результате оператор рассматривает «оптические срезы» интересующих отделов глазного яблока через объектив 37 с двух точек, расположенных на расстоянии $B \approx 22$ мм, с параллактическим углом α .

Две идентичные панкратические телескопические системы 38 смены увеличений расположена между объективом 37. и каждой из тубусных линз 39. Панкратическая система состоит из трех компонентов: $\Phi_2 \square 0$; $\Phi_3 \square 0$; $\Phi_4 \square 0$, два из которых (Φ_2 , Φ_3) согласованно перемещаются вдоль оптической оси. Как результат, плавно изменяется видимое увеличение стереомикроскопа и диаметр выходного зрачка $d_{\text{вых.зр.}}$ при стабилизации его расположения. Таким образом, в каждом канале при согласованных перемещениях вдоль оптической оси компонентов Φ_2 и Φ_3 существует две пары неподвижных сопряженных плоскостей, в которых плавно изменяется увеличение. Первая пара сопряженных плоскостей локализована на плюс и минус бесконечности, и в них расположены промежуточные изображения наблюдаемого отдела глазного яблока (см. рис. 7.3). У второй пары плоскостью предметов служит промежуточное изображение входного зрачка стереомикроскопа, находящееся в задней фокальной плоскости объектива 37, а плоскостью изображений служит передняя фокальная плоскость каждой из тубусных линз 39. При плавных перемещениях компонентов Φ_2 , Φ_3 изменяются расстояния $\bar{d}_1 \neq const$, $\bar{d}_2 \neq const$, $\bar{d}_3 \neq const$ и как следствие расстояния между задней и передней условно совмещенными главными плоскостями компонентов.

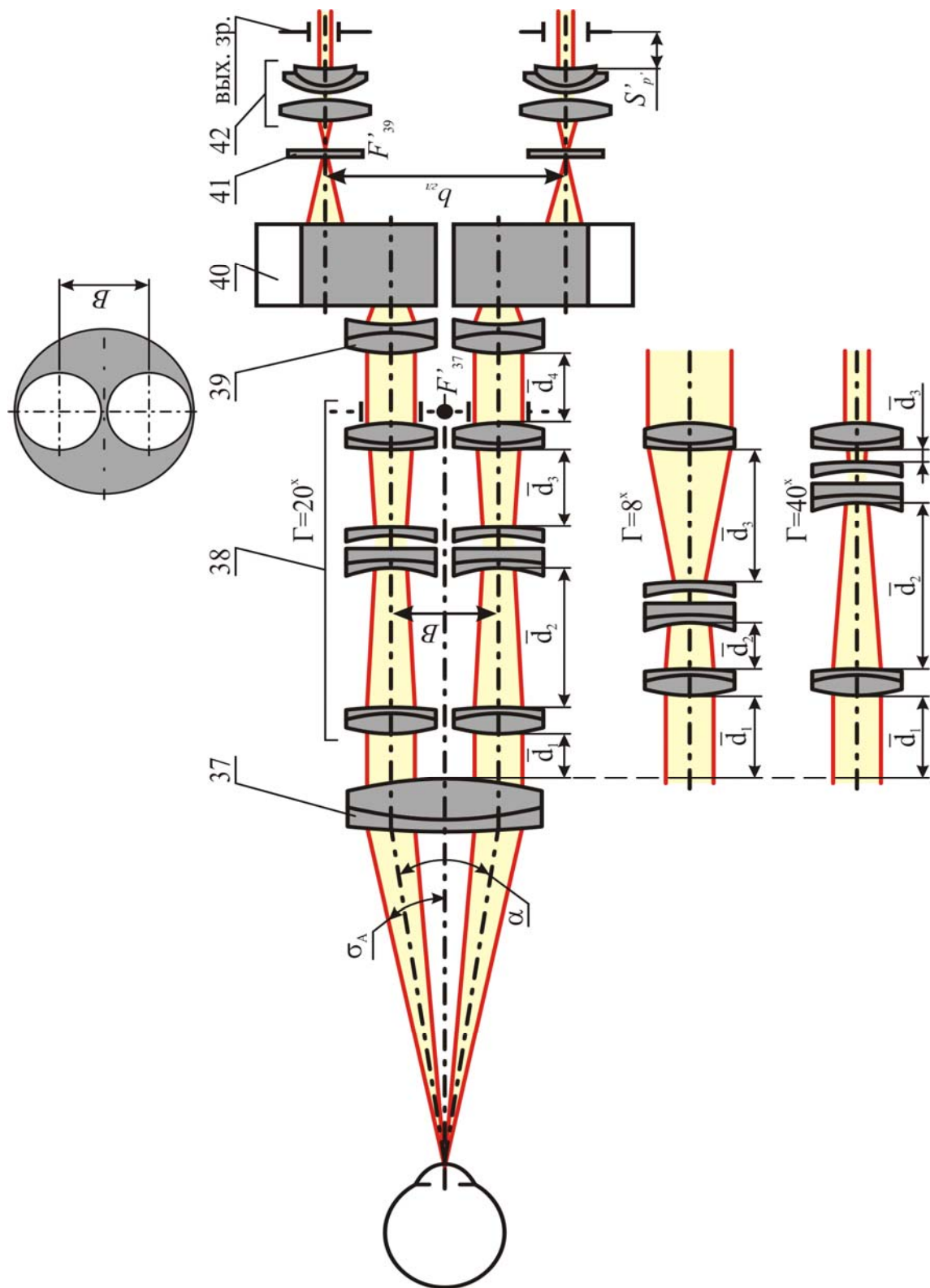


Рис. 7.3. Оптическая схема прибора ЩЛ-2Б. Стереоскопический микроскоп

Видимое увеличение стереомикроскопа составляет $\Gamma^x = (\Phi_{37}/\Phi_{39}) \Gamma_{38} \Gamma_{42}$ с учетом действия призмной оборачивающей системы 40. Панкратическая система 38 смены увеличений классифицируется как телескопическая система по Галилею ($\Gamma_{38} < 0$), у которой отрицателен передний компонент: $(\Phi_{2,3} = \Phi_2 + \Phi_3 - \Phi_2 \cdot \Phi_3 \cdot d_2) < 0$, $\Phi_4 < 0$, причем $\Phi_{2,3} \neq const$, $\Phi_4 = const$. Плавная смена видимого увеличения стереомикроскопа достигается за счет согласованного изменения отрезков d_2 и d_3 при условиях: $d_1 + d_2 + d_3 = const$; передний отрезок компонента Φ_2 $S_2 = f'_{37} - d_1$; задний отрезок компонента Φ_4 $S'_4 = f_{39} - d_4$, $d_4 = const$.

Некоторые численные данные композиции стереомикроскопа с панкратической системой смены увеличений приведены в табл. 7.2.

Таблица 7.2. Видимое увеличение стереомикроскопа прибора ЩЛ - 2Б.

Γ^x	Γ_{38}	S'_p , мм
8,00	0,51	20,11
11,74	0,75	17,68
15,66	1,00	17,05
19,61	1,25	16,93
23,53	1,50	16,97
27,45	1,75	17,64
31,38	2,00	17,17
35,30	2,25	17,27
40,00	2,50	17,39

Таким образом, оптическая система, показанная на рис. 7.3, может быть классифицирована как стереомикроскоп Аббе (табул бесконечность») с непрерывной сменой видимого увеличения. Основные характеристики: числовая апертура в пространстве предметов $A = n \cdot \sin \sigma_A$; линейное поле в пространстве предметов $2y$; видимое увеличение $\Gamma^x = f'_{39}/f_{37} \times \Gamma_{38} \times 250/f'_{42}$; удельная пластика $P = B/v_{гл} \leq 22/56 = 0,34$, где B – база прибора, $v_{гл}$ – глазная база оператора

Технические характеристики прибора приведены в табл. 7.3.

Таблица 7.3. Основные технические характеристики прибора ЩЛ – 2Б.

Техническая характеристика	Значение
1	2
Тип освещения	Фокальное
Пределы увеличения микроскопа, крат	от 8 до 40
Линейное поле, мм	от 5 до 25
Диаметр выходного зрачка, мм	От 2 до 1
Диаметр выходного зрачка панкратической системы, мм	От 18,8 до 8,4
Угловое поле панкратической системы, град.	От 11 до 2
Пределы изменения базы между окулярами, мм	от 56 до 72

1	2
Диапазон диоптрийной подвижки окуляров дптр	от +8 до -8
Рефракция линзы Хруби	-57 дптр
Удельная пластика P	0,34
Рабочее расстояние	100 мм
Изменения величины изображения щели:	от 0,04 до 10
- по горизонтали, плавно, мм;	
- по вертикали, дискретно, мм	1; 3; 10
- угол разволота, град	± 90
Угол поворота относительно механической оси:	
- стереомикроскопа	$\pm 60^\circ$
- щелевой лампы	$\pm 60^\circ$
Перемещение стереомикроскопа вдоль оси симметрии, мм	35
Величина перемещения координатного столика, мм	40×105
Величина перемещения подбородника по высоте, мм	90
Величина перемещения оптической головки по высоте, мм	30
Напряжение питания сети переменного тока, В	220

4. Подготовка прибора ЩЛ-2Б к исследованию глазных сред

4.1. Прибор и блок питания установить на приборном столе. Кабель координатного стола соединить с разъемами блока питания. Включить вилку сетевого кабеля в сетевую розетку. На блоке питания включить тумблер СЕТЬ.

4.2. Щелевую лампу и стереомикроскоп установить в положение: угол биомикромкопии 0^0 , по шкалам 20 (см. рис. 7.1). На налобнике закрепить белый лист бумаги. Установить, пользуясь рукояткой 29, видимое увеличение 8^x . С помощью ручек 21 и 22 сначала получить узкое, максимальное по высоте изображение щелевой диафрагмы, затем установить и максимальную ширину.

4.3. Наблюдая правым глазом в правый окуляр стереомикроскопа, вращать кольцо этого окуляра и добиться резкого изображения штрихов его сетки. Вновь установить узкую «щель». Перемещая оптическую головку с помощью рукоятки 13, добиться резкого изображения узкой «щели» на сетке окуляра. При этом головная призма 26 и изображение «щели» должны находиться в фиксированном вертикальном положении. Вращая диск 25, установить белый индекс (видимая область спектра первичного светового потока). Зафиксировать оптическую головку с помощью рукоятки 14.

4.4. Наблюдая левым глазом в левый окуляр стереомикроскопа, вращать кольцо этого окуляра и добиться резкого изображения узкой

«щели» на его сетке.

4.5. Пользуясь ручками 21 и 22, установить максимальные размеры щелевой диафрагмы. В поле зрения левого и правого окуляров должны получиться два равномерно освещенных кружка. Наблюдая обоими глазами, установить окуляры в соответствии со своей глазной базой. При этом не должно наблюдаться двоения изображения белого кружка.

4.6. На листе белой бумаги, в плоскости предметов стереомикроскопа, нарисовать перекрестие и навестись на его резкое изображение, наблюдая двумя глазами и пользуясь рукоятками 13, 14. Фиксируя стереомикроскоп 4 одной рукой и одновременно разворачивая щелевую лампу 3 другой рукой, добиться, чтобы при изменении угла биомикроскопии расположение белого кружка на листе бумаги стабилизировалось. Это означает, что перекрестие и изображение щелевой диафрагмы совпали с механической осью 9 вращения компонентов оптической головки. Снять лист бумаги с лицевого установа.

5. Порядок получения «оптического среза» роговицы.

5.1. Протереть налобник 10 и подбородник 11 ваткой, смоченной трехпроцентным раствором перекиси водорода. Усадить пациента за прибор так, чтобы его голова плотно прилегала к подбороднику 11 и налобнику 10 (см. рис. 7.1). Попросить пациента закрыть глаза. Установить исследуемый глаз пациента на уровне головной призмы 26, поднимая или опуская вручную подбородник 11 при нажатой кнопке 31, затем оптическую головку - вращением кольца 15.

5.2. Вращением рукоятки 29 установить видимое увеличение стереомикроскопа 10^x . Максимально раскрыть щелевую диафрагму по длине и ширине, вращая ручки 21 и 22. В результате регулировки должна быть отчетливо видна структура кожи века глаза пациента. Зафиксировать взаимное расположение оптической головки прибора и глаза пациента, пользуясь рукояткой 14.

5.3. Установить максимальное по высоте и достаточно узкое изображение «щели». Регулировать взаимное расположение глаза пациента, изображения «щели» и механической оси 9 вращения, как описано выше.

5.4. Для получения оптического среза роговицы щелевую лампу установить под углом биомикроскопии $10^0 \div 15^0$. Попросить пациента открыть глаза и наблюдать оптический срез роговицы в виде серовато-голубоватого мениска, усеченного по высоте, расположенного на фоне цветного изображения глаза. Зарисовать наблюдаемую картину, зафиксировать условия наблюдения.

5.5. Поменяться местами и повторить этапы 4 и 5 лабораторной работы.

6. Конструкция и оптическая система прибора ЩЛ-56

Прибор состоит из следующих сборочных единиц (модулей): координатный стол 1, оптическая головка (щелевая лампа 2, стереомикроскоп 3 с узлом 4 линзы Хруби и копиром), лицевой установкой 5, узел фиксации точки (не показан) и блок питания 6. Для компоновки прибора требуется специальный приборный стол.

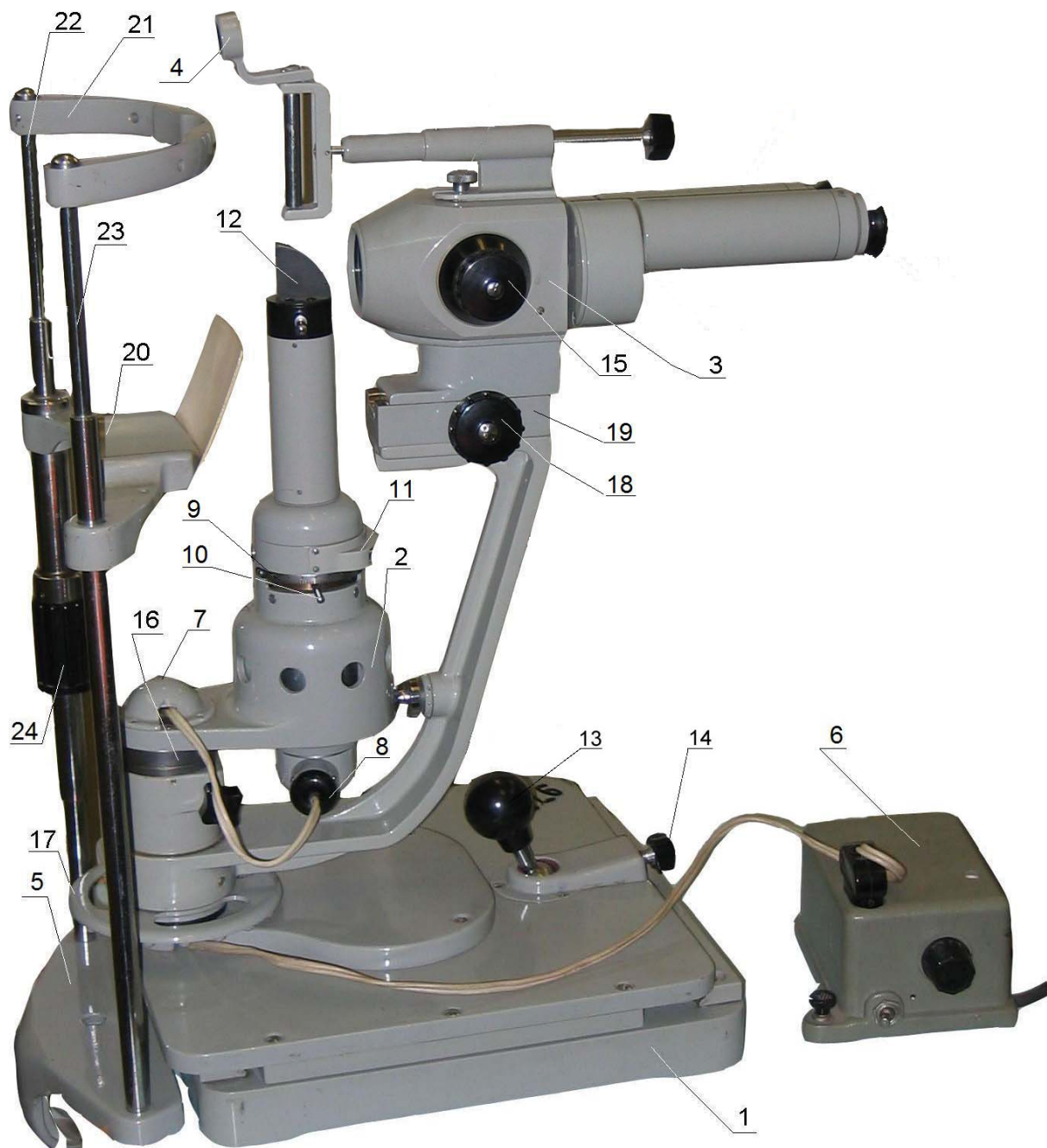


Рис. 7.4. Стереоскопический микроскоп со щелевой лампой ЩЛ-56.

Щелевая лампа 2 и стереомикроскоп 3 крепятся на координатном столе 1 с возможностью независимого вращения вручную вокруг общей механической вертикальной оси 7 для ввода угла биомикроскопии. Координатный стол устанавливается на приборном столе свободно. К краю

приборного стола с помощью винта крепится лицевой установ 5. Через электрический кабель к прибору подсоединен блок питания 6.

Щелевая лампа 2 обеспечивает получение первичного светового потока в виде «светового ножа» определенных сечения, мощности и спектрального состава. Для этого в корпусе щелевой лампы komponуются следующие элементы оптической системы: электрическая лампа 8 (6 В, 25 Вт); конденсор; механизм щелевой диафрагмы с рукоятками 9, 10; диск 11 со светофильтрами, объектив, узел апертурной диафрагмы и головная призма 12 в корпусе. На специальную планку, на корпусе головной призмы 12, может надеваться съемная цилиндрическая линза, для «растяжения» изображения щели по вертикали, используемая при исследовании угла передней камеры глаза. Электрическая лампа 8 помещена в центрирующуюся оправу, что дает возможность получить изображение нити лампы, расположенное вдоль входной грани головной призмы 12 (зона АД), параллельное ее продольной грани. Патрон лампы 8 может перемещаться относительно корпуса вдоль оптической оси осветителя. На патроне лампы предусмотрена гайка с накаткой, служащая для закрепления патрона в корпусе осветителя после фокусировки.

Механизм щелевой диафрагмы размещен вблизи конденсора. При развороте рукояток 9, 10 от упора до упора высота и ширина щели изменяются от нуля до максимума.

На оси, в специальном приливе корпуса щелевой лампы, может вращаться револьверный диск 11 с четырьмя отверстиями и с соответствующими индексами для нейтрального, красного, сине-зеленого светофильтров с последующей фиксацией. Одно отверстие свободно.

Головная призма 12 изменяет направление оптической оси на 90° . Этот вариант композиции фиксируется. Эта призма может быть повернута от среднего положения влево и вправо на 10° . Съемная цилиндрическая линза дает изображение круга диаметром 20 мм.

В тубусе стереомикроскопа 3 размещены (по ходу вторичного светового потока) объектив, по две пары телескопических систем по Галилею (трубки), две тубусных линзы. В бинокулярной приставке закреплено два призмных блока и два окуляра. Изменение расстояния между окулярами 14 обеспечивается поворотом призмного блока правого окуляра обоймы 13, неподвижно закрепленной на тубусе стереомикроскопа. Для коррекции аметропии глаз наблюдателя следует выдвинуть окуляры.

Дискретная перемена увеличений достигается за счет смены двух пар трубок при вращении барабана 15. Всего барабан имеет шесть фиксированных положений, два из которых соответствуют свободной паре отверстий.

Вращая маховик 18 (см. рис. 7.4), можно перемещать стереомикроскоп по горизонтальной направляющей 19, устанавливая разные способы освещения, включая фокальное. Величина перемещения отсчитывается по специальной шкале.

На корпусе стереомикроскопа крепится винтом узел линзы Хруби 4. Для ввода линзы в наблюдательный канал штوك с линзой следует вручную развернуть на 180° до фиксированного положения. Шток переместится под действием пружины до упора в копир на налобнике 21 (не показан). Затем следует развернуть ручную оправу с линзой на 180° до фиксированного положения.

Углы биомикроскопии отсчитываются по шкалам 16, которые вращаются вместе со щелевой лампой или стереомикроскопом. Отсутствие разворота фиксируется, и в дальнейшем вся оптическая головка может вращаться вокруг механической оси. При вращении маховика 17 оптическая головка прибора перемещается по вертикали.

Подбородник 20 и налобник 21, смонтированы на вертикальных стойках 22 и 23, укрепленных на основании лицевого установка 5. Подбородник имеет возможность перемещаться по стойкам в вертикальном направлении при вращении ходовой гайки 24.

Композиция узлов фиксации точки, и копира для линзы Хруби, - аналогична с прибором ЩЛ-2Б.

Взаимное расположение глаза пациента и оптической головки прибора устанавливаются с помощью рукоятки 13 и фиксируются стопором 14.

На блоке питания 6 предусмотрена регулировка яркости лампы 8.

6.1. Оптическая система прибора ЩЛ-56

Осветительная система (рис. 7.5) состоит из источника света 8, конденсора 25, проектирующего источник света в плоскость апертурной диафрагмы АД (совмещена с входной гранью головной призмы 12). Щелевая диафрагма 9, 10 (ПД) проектируется объективом 26 на расстояние 63 мм от входной грани головной призмы 12. Вертикальный размер щелевой диафрагмы может быть увеличен до 20 мм с помощью съемной цилиндрической линзы. Таким образом, осветительная система типа «щелевая лампа» компоуется по схеме диапроекции по Келлеру.

Спектральный состав первичного светового потока близок к 400÷700 нм. Красный и сине-зеленый светофильтры на револьверном диске 11 служат для выбора рабочего спектрального диапазона, а нейтральный фильтр регулируют мощность этого потока.

Щелевая лампа формирует первичный световой поток в виде «ножа», ширина и высота которого зависят от высоты и ширины щелевой диафрагмы 9, 10.

Ось вращения каждой трубки 28, перпендикулярная к оптической оси (и к плоскости чертежа), проходит через точку O , делящую расстояние d_{28} между задней фокальной плоскостью первого компонента и передней фокальной плоскостью второго компонента (длина трубки) пополам. При таком расположении точки O трубка 28 будет занимать наименьший габарит при ее вращении. После поворота на 180° компоненты трубки 28 поменяются местами, и поэтому ее видимое увеличение составит $1/\Gamma_{28}$. Стереоскопический микроскоп в целом от каждой пары трубок имеет по два видимых увеличения: $\Gamma_B = \Gamma_0 \cdot \Gamma_{28}$ и $\Gamma_M = \Gamma_0 / \Gamma_{28}$, где $\Gamma_0 = f'_{29} / f_{27} \approx 0$ - видимое увеличение стереомикроскопа без трубок 28 с учетом призменной оборачивающей системы 30. В случае вращающейся трубки Галилея не происходит смещения зрачков, так как центры зрачков C_{28} и C'_{28} расположены симметрично на равных расстояниях по обе стороны от точки O . При повороте трубки на 180° точки C_{28} и C'_{28} только меняются местами и ролями. Таким образом, зрачки становятся неподвижными, меняться будет лишь диаметр выходного зрачка прибора.

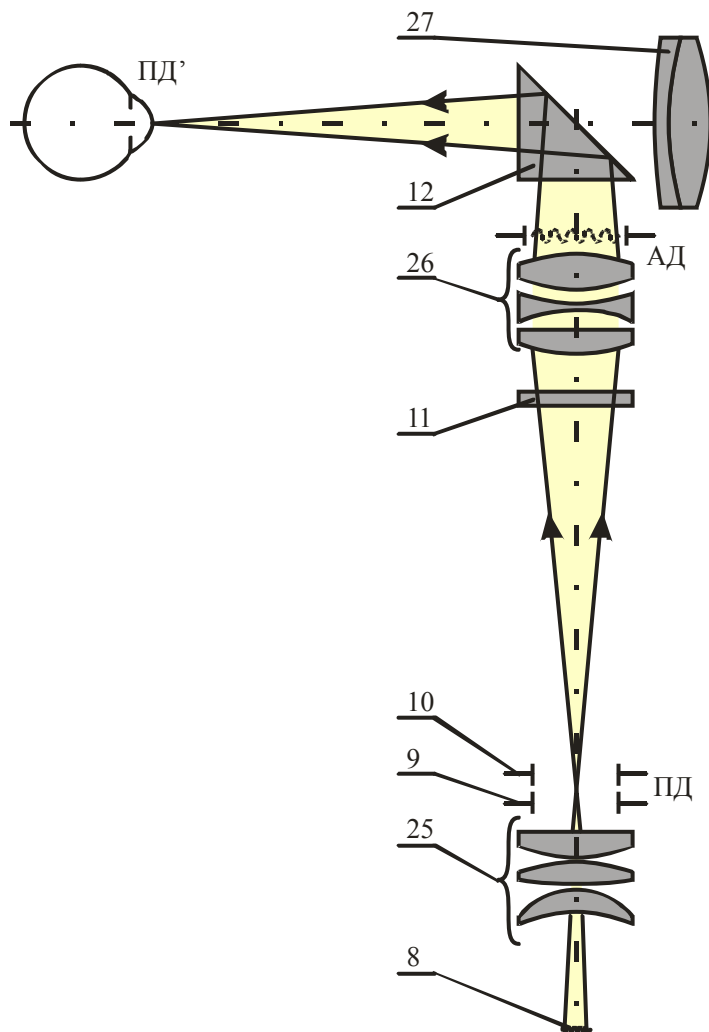


Рис. 7.5. Оптическая схема прибора ЩЛ-56. Щелевая лампа.

Параллельные пучки лучей, попадая в тубусную линзу 29, создают изображение в ее задней фокальной плоскости F'_{29} , совмещенной с передней фокальной плоскостью F_{12} окуляра 31. Призмная оборачивающая система 30, позволяет привести в соответствие оптическую систему стереомикроскопа с глазной базой e_{zl} врача-оператора, изменяя расстояние между оптическими осями окуляров 31. В результате врач-оператор рассматривает объемное изображение пространства предметов через объектив 27 с двух точек, расположенных на расстоянии $B \approx 20$ мм, в условиях ввода параллактического угла α (см. рис. 7.6). Видимое увеличение зависит от взаимного расположения телескопических систем Галилея и объектива.

Таким образом, данная оптическая система может быть классифицирована как стереомикроскоп типа «тубус бесконечность» с дискретной сменой видимого увеличения. Основные характеристики: числовая апертура в пространстве предметов $\sin \sigma_A$; линейное поле $2y=20$; видимые увеличения: $\Gamma_0 = f'_{29}/f_{27} \times (250/f'_{31})$, две пары $(\Gamma_B = \Gamma_0 \times \Gamma_{28}, \Gamma_M = \Gamma_0/\Gamma_{28})_{1,2}$, - удельная пластика не более $P = B/e_{zl} = 20/56 = 0,34$.

Основные технические характеристики прибора приведены в табл. 7.4.

Таблица 7.4. Основные технические характеристики прибора ЩЛ – 56.

Техническая характеристика	Значение
Вид освещения	Фокальное и другие
Пределы видимого увеличения микроскопа	$5^x, 9^x, 18^x, 35^x, 60^x$.
Удельная пластика	Не более 0,34
Пределы изменения глазной базы оператора	52 – 74 мм
Рефракция линзы Хруби	-60 дптр
Расстояние изображения щели от входной грани призмы	63 мм
Пределы измерения величины изображения щели:	
по горизонтали, плавно	0,04 – 8 мм
по вертикали, плавно	0,04 – 16 мм
Угол поворота щелевой лампы	$\pm 60^\circ$
Угол поворота стереомикроскопа	$\pm 60^\circ$
Величина продольного перемещения микроскопа	35 мм
Величина перемещения: -координатного стола	40×105 мм
-подбородника по высоте	90 мм
-прибора по высоте	30 мм

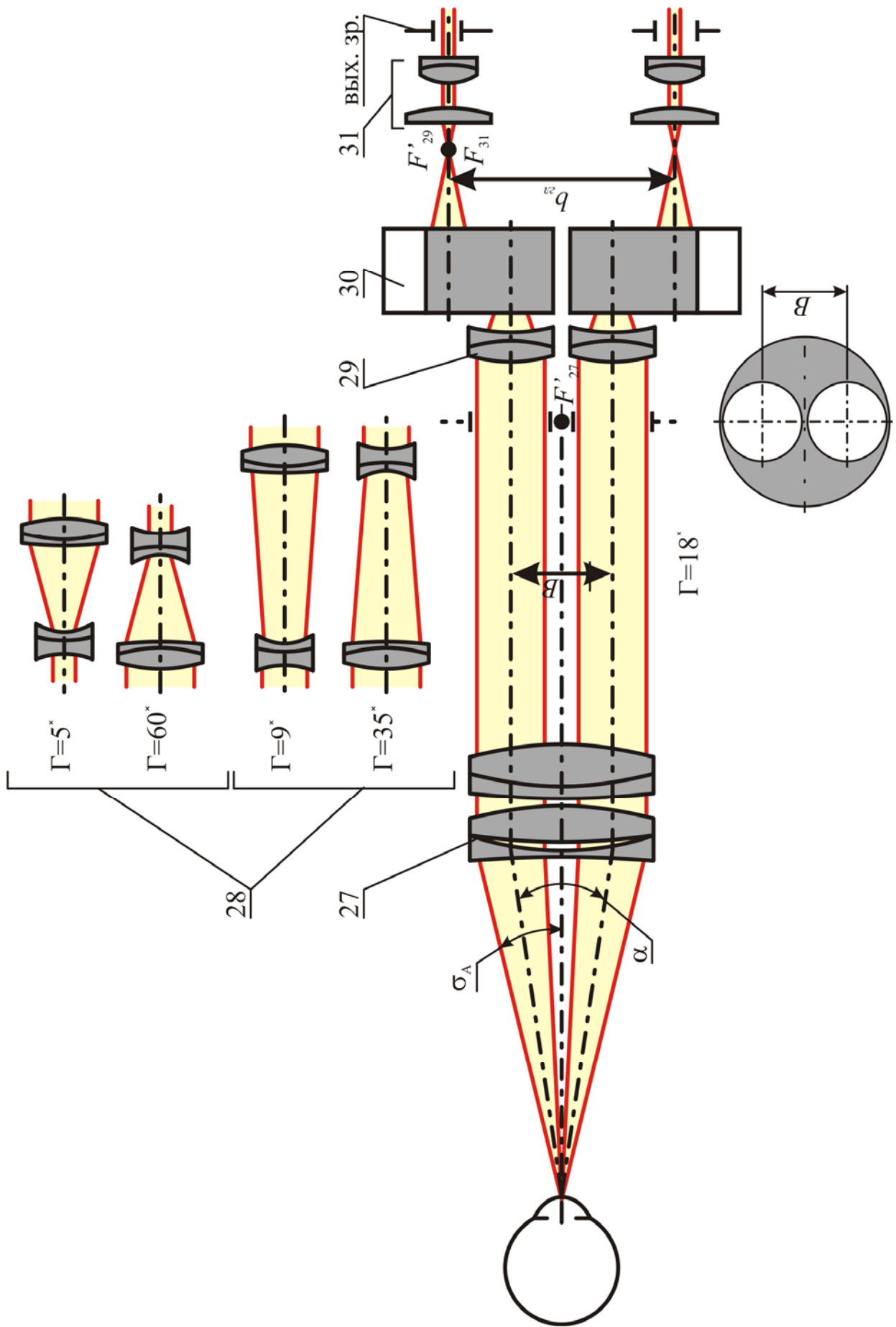


Рис. 7.6. Оптическая схема прибора ЩЛ-56. Стереоскопический микроскоп

7. Особенности подготовки к работе прибора ЩЛ-56

Закрепить лицевой установ 5 винтом на краю приборного стола.

Основание координатного стола 1 придвинуть к лицевому установу 5 до упора и установить его симметрично относительно лицевого установа. Вращая маховик 17, поставить оптическую головку прибора примерно в среднее положение. Включить прибор в сеть через блок питания 6.

Проверить центрировку лампы 8. Для этого установить свободное отверстие револьверного диска 11 в ход первичного светового потока. Совместить матовый экран (кусочек кальки) с выходной гранью головной призмы 12. На экране должно появиться изображение нити лампы, которое вписано в прямоугольник выходной грани. Это означает, что лампа центрирована. В противном случае следует ослабить зажимную гайку патрона лампы 8 и перемещать патрон с лампой до тех пор, пока резкое изображение светящейся спирали не впишется в прямоугольник выходной грани головной призмы 12. После юстировки закрепить патрон с лампой 8 зажимной гайкой.

В остальном методики подготовки приборов ЩЛ - 56 и ЩЛ - 2Б к работе и исследований за ними аналогичны.

8. Различия технических характеристик приборов ЩЛ-2Б и ЩЛ-56

Выявить различия технических характеристик двух приборов, используя результаты выполнения п. п. 1 ÷ 7. Составить таблицу различий технических характеристик приборов ЩЛ-2Б и ЩЛ-56 по типу табл. 7.5.

Таблица 7.5. Различия технических характеристик приборов ЩЛ-2Б и ЩЛ-56.

Техническая характеристика	ЩЛ-2Б	ЩЛ-56

9. Соответствие технических характеристик приборов ЩЛ-2Б и ЩЛ-56 стандарту ISO 10939:2007.

Составить таблицу соответствия технических характеристик обоих приборов стандарту ISO по типу табл. 7.6.

Таблица 7.6. Соответствие приборов ЩЛ-2Б и ЩЛ-56 стандарту ISO

Техническая характеристика по стандарту ISO	ЩЛ-2Б	ЩЛ-56

Содержание отчета

1. Краткая теория и назначение ООП «Стереомикроскоп со щелевой лампой».
2. Обязательный состав прибора по стандарту *ISO 10939:2007*.
3. Конструкция прибора ЩЛ-2Б (блок-схема) и оптическая схема стереомикроскопа с ходом апертурного и главного лучей.
4. Порядок подготовки к работе за прибором ЩЛ - 2Б. Блок – схема.
5. Методика наблюдения переднего отдела глаза (блок-схема) и рисунок наблюдаемой картины («оптический срез» роговицы).
6. Конструкция прибора ЩЛ-56 (блок-схема) и оптическая схема стереомикроскопа с ходом апертурного и главного лучей.
7. Характеристика особенностей подготовки прибора ЩЛ–56 к работе.
8. Таблица различий технических характеристик приборов ЩЛ-2Б и ЩЛ-56.
9. Таблица соответствия технических характеристик приборов стандарту *ISO*.
10. Результаты и выводы

Вопросы к защите

1. Какова характеристика метода «биомикроскопия»?
2. Что можно сказать о субъективных и объективных методах в офтальмологии на примере приборов данного лабораторного практикума?
3. Техническая характеристика первичного и вторичного световых потоков, возникающих в приборе.
4. Дать сравнительную техническую характеристику оптических систем приборов ЩЛ-2Б и ЩЛ-56.
5. Как учтены свойства зрительных анализаторов пациента и оператора в композиции приборов ЩЛ-2Б и ЩЛ-56?

Литература

1. Черкасова Д.Н. Оптические офтальмологические приборы. Учебное пособие.-СПб.: СПбУ ИТМО, 2003. 233 с.
2. Ильин Р.С., Федотов Л.А., Федин Г.И. Лабораторные оптические приборы.-М: Машиностроение, 1966.
3. Урмахер Л. С., Айзенштат Л. И. Офтальмологические приборы. М.: Медицина, 1988.- 288с.
4. *ISO 10939:2007. Ophthalmic instrumentns – Slit-lamp microscopes.*

Содержание

Предисловие	3
<i>Лабораторная работа № 1.</i> Большой безрефлексный офтальмоскоп	23
<i>Лабораторная работа № 2.</i> Исследование цветового зрения	46
<i>Лабораторная работа № 3.</i> Проекционный периметр	62
<i>Лабораторная работа № 4.</i> Проектор зрительных знаков	75
<i>Лабораторная работа № 5.</i> Диоптриметр	91
<i>Лабораторная работа № 6.</i> Приборная офтальмометрия	112
<i>Лабораторная работа № 7.</i> Стереоскопический микроскоп со щелевой лампой	138



В 2009 году Университет стал победителем многоэтапного конкурса, в результате которого определены 12 ведущих университетов России, которым присвоена категория «Национальный исследовательский университет». Министерством образования и науки Российской Федерации была утверждена Программа развития государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Санкт-Петербургский государственный университет информационных технологий, механики и оптики» на 2009–2018 годы.

КАФЕДРА ПРИКЛАДНОЙ И КОМПЬЮТЕРНОЙ ОПТИКИ

Название кафедры прикладной и компьютерной оптики Санкт-Петербургского государственного университета компьютерных технологий, механики и оптики отражает новейшую тенденцию проникновения компьютерных технологий во все сферы науки и техники. В то же время эта кафедра является прямой наследницей старейших оптических кафедр России – кафедры теории оптических приборов, физиологической оптики, оптических приборов, лабораторных, а затем оптико-механических приборов. В разное время этими кафедрами заведовали и работали на них такие выдающиеся ученые, как академик В.П. Линник, член-корреспондент АН СССР, профессор В. С. Игнатовский, заслуженный деятель науки и техники РСФСР, профессор, доктор технических наук В.Н. Чуриловский, заслуженный деятель науки и техники РСФСР, лауреат Ленинской и четырех Государственных премий, премии Французской Академии наук, профессор, доктор технических наук М.М. Русинов, заслуженный деятель науки и техники РСФСР профессор, доктор технических наук И.И. Крыжановский, член-корреспондент Академии артиллерийских наук, профессор, доктор технических наук А.Н. Захарьевский, заслуженный деятель науки РФ, лауреат Государственной премии профессор, доктор технических наук П.Д. Иванов, лауреат премии Совета Министров СССР, профессор, доктор технических наук С.А. Родионов.

Таким образом, кафедра прикладной и компьютерной оптики по праву может считаться ведущей оптической кафедрой России. Кафедра собрала в своем составе таких ведущих представителей школы прикладной и вычислительной оптики, как доктор технических наук Л.Н. Андреев, лауреат Ленинской премии и премии Совета Министров СССР, профессор, доктор технических наук В.А. Зверев, лауреат Государственной премии и премии Совета Министров СССР, профессор, доктор технических наук А. П. Грамматин, а также молодых ученых,- продолжающих дело основоположников кафедаы.

Ниже приводится далеко не полный список разработок кафедры: непревзойденные широкоугольные аэрофотосъемочные объективы с улучшенным светораспределением по полю и приборы обработки аэрофотоснимков (М.М. Русинов, Н.А. Агальцова); превосходящие зарубежные аналоги гидросъемочные объективы (М.М. Русинов, П.Д. Иванов, Л.Н. Курчинская); оптические системы для космического проекта “Вега” (Г.И. Цуканова); и высокоскоростных кинокамеры для научных исследований (И. И. Крыжановский, В.И. Решеткин); методы и средства контроля главного зеркала телескопа БТА (В.А. Зверев, С.А. Родионов, В.В. Усоскин); металлостеклянная оптика (И.И. Крыжановский, С.М. Никитин); компьютерные пакеты автоматизированного проектирования оптики (С.А. Родионов с сотрудниками). Эти достижения в свое время были отмечены двумя Ленинскими премиями, пятью Государственными премиями, премией Совета Министров СССР, премией Французской академии наук.

С 1965 г. на кафедре оптико-механических приборов благодаря новаторским идеям и методам С.А. Родионова получает развитие новое направление в прикладной оптике – разработка математических методов, алгоритмов и программного обеспечения для решения оптических задач. Результаты фундаментальных исследований С.А. Родионова в области формирования изображения, теории дифракции и математического моделирования были положены в основу разработки пакета программ для автоматизированного проектирования оптических систем ОПАЛ, широко известного в оптической промышленности.

Основным и наиболее перспективным направлением развития кафедры представляется компьютерная оптика как основа для подготовки так называемых “компьютерных инженеров” – специалистов, профессия которых, по нашему мнению и по мнению авторитетных зарубежных экспертов, станет ведущей в наступающем веке. Область деятельности таких специалистов – это решение сложных инженерных и научных задач (в нашем конкретном случае прикладной оптики) на основе интенсивного использования математических методов и компьютерных технологий, а также разработка последних. Комплексная подготовка специалистов базируется на следующих составляющих:

- Получение фундаментальных и широких знаний в области предмета разработки и исследования (прикладной оптики, оплотехники, оптических приборов и систем);
- Углубление знаний прикладной математики, включая математическое моделирование, численные методы, методы оптимизации и т.п.;
- овладение современными компьютерными технологиями, особенно применяемыми в инженерной и научной деятельности;

Как показывает опыт, задачи прикладной оптики настолько разнообразны, сложны и комплексны, а применяемые для их решения методики настолько универсальны, что специалист по компьютерной оптике может с успехом практически безо всякой адаптации работать в любой области, требующей владения математическими методами и компьютерными технологиями.

С информацией о кафедре можно ознакомиться на сервере: <http://aco.ifmo.ru>

Черкасова Дина Николаевна, Бахолдин Алексей Валентинович

**Оптические офтальмологические
приборы и системы
Часть I**

Учебное пособие

В авторской редакции
Редакционно-издательский отдел Санкт-Петербургского
государственного университета информационных технологий,
механики и оптики

Зав. РИО

Н.Ф. Гусарова

Лицензия ИД № 00408 от 05.11.99

Подписано к печати

Заказ №

Тираж 100 экз.

Отпечатано на ризографе

Редакционно-издательский отдел
Санкт-Петербургского государственного
университета информационных технологий,
механики и оптики
197101, Санкт-Петербург, Кронверкский пр., 49

