

Лабораторная работа №1 **ИЗУЧЕНИЕ СВОЙСТВ ЗРЕНИЯ**

Цель работы - изучение свойств зрения и исследование поля зрения с помощью кампиметрического метода.

Зрение является для человека основным источником сведений об окружающем мире. Особенно важно правильно использовать свойства зрения оператора при работе с приборами визуального оптического неразрушающего контроля (ОНК) (микроскопами, проекторами, эндоскопами, телевизионными системами и др.).

Зрение - это сложный процесс, включающий в себя сканирующие, фокусирующие и адаптационные (изменение диаметра зрачка) движения глаз и обработку зрительной информации в мозгу человека.

Анатомически человеческий глаз (греч. *офтальмос*, лат. *oculus*)

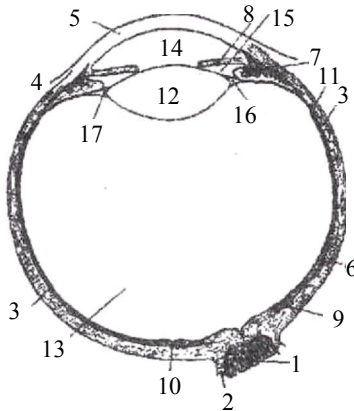


Рис. 1.1. Горизонтальный разрез глаза:

1 - зрительный нерв; 2 - твердая оболочка зрительного нерва, 3 - склера; 4 - конъюнктив склеры; 5 - роговая оболочка; 6 - сосудистая оболочка; 7 - ресничное тело; 8 - радужная оболочка; 9 - сетчатка; 10 - центральная ямка; 11 - зубчатый край; 12 - хрусталик; 13 - стекловидное тело; 14 - передняя камера; 15 - задняя камера; 16 - циннова связка; 17 - петитов канал.

(рис. 1.1) состоит из глазного яблока, его защитных частей (глазницы и век) и придатков (слезного и двигательного аппарата).

Непосредственным датчиком оптической информации является *глазное яблоко*. Оно имеет сложное строение и состоит из образований, которые с функциональной точ-

ки зрения можно разделить на четыре группы: 1) капсула глаза, т.е. наружная оболочка глазного яблока (склера 3, роговица 5); 2) сосудистый тракт; 3) светочувствительный аппарат (сетчатка 9 и зрительный нерв 1); 4) светопреломляющий аппарат (роговица 5, водянистая влага, хрусталик 12, стекловидное тело 13).

В зависимости от того, какая часть сетчатки принимает участие в световосприятии, различают центральное и периферическое зрение.

Центральное зрение – это зрение желтого пятна, т.е. наиболее чувствительного места сетчатки (при дневном освещении). Желтое пятно расположено вокруг центральной ямки (на рис. 1.1 обозначено цифрой 10) и имеет размеры: по горизонтали $1 \div 3$ мм, по вертикали - 0,8 мм. Центральное зрение определяет остроту зрения.

Функция сетчатки вне желтого пятна - *периферическое зрение*. Оно служит нам в основном для ориентировки в пространстве, так как при нем человек видит предметы значительно менее четко, различая в них мало деталей. В зоне периферического зрения особенно хорошо видны движущиеся предметы. Ощущение цвета в этой зоне сильно ослаблено.

С оптической точки зрения глаз является центрированной оптической системой, состоящей из двух линз: роговицы и хрусталика, которые разделены передней камерой, заполненной водянистой влагой. Передняя поверхность роговицы граничит с воздухом, а между хрусталиком и сетчаткой расположено стекловидное тело. Роль апертурной диафрагмы в глазу выполняет зрачок.

Оптические параметры глаза у разных людей разные, поэтому при точных расчетах визуально-оптических систем используют их средние значения (глаз с такими параметрами называется схематическим).

Однако в большинстве расчетов достаточно использовать еще более упрощенную модель, называемую *редуцированным глазом* (рис. 1.2). Эта модель получается при следующих предположениях: все преломляющие поверхности глаза можно заменить одной эквивалентной преломляющей поверхностью, которая разделяет воздух и стекловидное тело; так как расстояние между главными точками редуцированного глаза мало, то их можно считать совпадающими. Геометрические и оп-

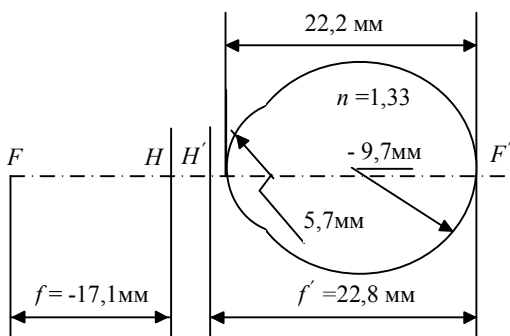


Рис. 1.2. Постоянные редуцированного глаза: F и F' – передний и задний фокусы; H и H' – главные плоскости; f и f' – переднее и заднее фокусные расстояния; n – показатель преломления стекловидного тела.

тические параметры редуцированного глаза указаны на рис. 1.2 (отрицательные знаки фокусного расстояния f и радиуса кривизны склеры обусловлены правилом знаков в геометрической оптике).

Укажем основные характеристики зрения, знание которых необходимо для конструирования и использования систем ОНК.

Разрешающая способность зрения ε – это его способность различать мелкие детали изображения. Она зависит от освещенности, цвета, контрастности отдельных деталей и времени наблюдения объекта контроля (ОК). Разрешающая способность максимальна в белом или желто-зеленом свете при яркости от 10 кд/м^2 до 100 кд/м^2 , высоком контрасте изображения ($|k| \geq 0,5$) и достаточном времени наблюдения (от 5 с до 20 с).

Угловая разрешающая способность глаза α равна минимальному углу между деталями изображения, которые он различает, и для нормального глаза составляет около $1'$, когда ОК находится на расстоянии наилучшего видения ($l = 0,25 \text{ м}$), а условия наблюдения соответствуют максимуму ε .

Линейное разрешение глаза e в плоскости ОК равно $e = l\alpha \approx 0,08 \text{ мм}$.

Стереоскопическое разрешение глаза, т.е. способность различать по глубине детали ОК, составляет примерно $5 \div 10''$ для оптимальных условий наблюдения, указанных выше.

Глаз способен различать большое количество цветов, что широко используется в колориметрических системах ОНК. Экспериментально оценку цветовосприятия производят с помощью специальных атласов, состоящих из пластинок разного цвета. Согласно рекомендациям Международной комиссии по освещению (МКО) характеристики цветовосприятия выражаются через трихроматические координаты x , y , z , определяемые равенствами:

$$x(\lambda) = A \int \varphi(\lambda) X(\lambda) d\lambda, \quad y(\lambda) = A \int \varphi(\lambda) Y(\lambda) d\lambda, \quad z(\lambda) = A \int \varphi(\lambda) Z(\lambda) d\lambda,$$

где $A = \left[\int \varphi(\lambda) X(\lambda) d\lambda + \int \varphi(\lambda) Y(\lambda) d\lambda + \int \varphi(\lambda) Z(\lambda) d\lambda \right]^{-1}$, $X(\lambda)$, $Y(\lambda)$, $Z(\lambda)$ – колориметрические функции МКО [3], а функция $\varphi(\lambda)$ зависит от вида объекта и спектральных коэффициентов отражения (для поверхностей), пропускания (для фильтров) и энергетической яркости (несамосветящихся тел).

Существенным параметром глаза является его *время инерции* (время срабатывания). Оно составляет около 0,1 с.

Важнейшая характеристика зрения – *контрастная чувствительность* $k = \frac{\Delta L}{L_0}$, где ΔL – минимальная обнаруживаемая разность освещенностей объекта и фона, L_0 – сумма указанных освещенностей. Минимальное значение этой характеристики $k_{min} = 0,01$ достигается при освещенности от 10 кд/м² до 100 кд/м² в зеленом свете и угловом размере объекта более 1°.

Качество изображения дефекта, определяющее его выявляемость, называется *видимостью*: $V = k/k_{min}$, где k и k_{min} – фактический и минимальный в данных условиях контрасты, соответственно.

Методика выполнения работы

В настоящей работе экспериментально исследуется периферическое зрение. Такое исследование обычно сводится к изучению поля зрения.

Поле зрения называется то пространство, которое видит непод-

вижный глаз. Поле зрения глаза составляет примерно $125 \times 160^\circ$ (180° по горизонту для обоих глаз). При этом зона четкого видения (центральное зрение) составляет около 2° .

При исследовании поля зрения вначале устанавливают его границы, а затем наличие ограниченных дефектов.

Способ исследования поля зрения весьма прост: во время фиксирования глазом какой-нибудь точки нужно отметить тот момент, когда человек увидит белый объект, который передвигается с периферии к центру. Исследование поля зрения путем проекции его на плоскость называется *кампиметрией (способом Бьеррума)*. Кампиметром (рис. 1.3) может служить любая гладкая, не блестящая черная (темная) поверхность.

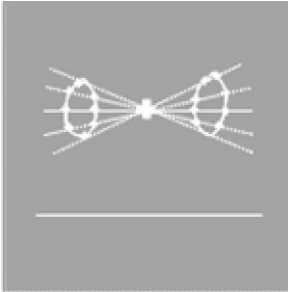


Рис. 1.3. Кампиметр

Однако этот способ имеет и недостатки. В частности, не все точки поверхности сетчатки могут найти себе место на плоскости кампиметра, а размеры изображений дефектов на этой плоскости сложно и нелинейно связаны с их истинными размерами на поверхности сетчатки. Поэтому кампиметрией пользуются только для исследования части поля зрения в пределах до $30\text{--}40^\circ$ от центра в целях нахождения дефектов, расположенных вблизи центра (парацентральных).

Дефекты в поле зрения, имеющие вид островков различной величины и формы, называются *скотомами*. Нужно иметь в виду, что и в норме в каждом поле зрения имеется скотома, известная под названием *слепого пятна*, открытого Мариоттом в 1663 г. Этот дефект обусловлен тем, что сетчатка на месте выхода зрительного нерва лишена зрительных элементов.

Различают *абсолютные и относительные скотомы*. При абсолютной скотоме в ее пределах отсутствует всякое ощущение на белый цвет, при относительной - зрительная функция только понижена. Например, белые объекты кажутся серыми, способность различать цвета утрачива-

ется, ощущение же белого цвета остается. Кроме того, скотомы бывают *положительные* (человек сам замечает свой дефект в виде темного пятна) и *отрицательные* (обнаруживаются при кампиметрии).

Порядок выполнения работы

1. Выполнение измерений

Работа выполняется двумя студентами, один из которых играет роль исследователя (врача), а другой - исследуемого (больного).

1.1. Исследуемый располагается перед кампиметром, т.е. темной гладкой не блестящей доской размером 2х2 м (рис.1.3) на расстоянии 1÷2 м. Он закрывает рукой один глаз, а другой фиксирует на белом крестике, расположенном в центре доски.

1.2. Исследователь берет в руку короткую указку, на конце которой расположен маленький белый шарик размером 3÷5 мм, и передвигает его от периферии к центру или от центра к периферии, а затем вдоль радиальных линий, изображенных на рис. 1.3, и отмечает мелом момент исчезновения и нового появления шарика. В результате на доске появится очертание скотомы.

1.3. Повторение п. 2 при другом закрытом глазе испытуемого.

1.4. Вторая часть работы – количественная оценка горизонтального и вертикального размеров слепого пятна для левого и правого глаза (рис. 1.4). В этом случае следует измерить расстояние L между исследуемым и кампиметром, а также все линейные параметры, указанные на рис. 1.4 (a_1 , a_2 , θ_1 , θ_2). Результаты измерений занести в табл. 1.1.

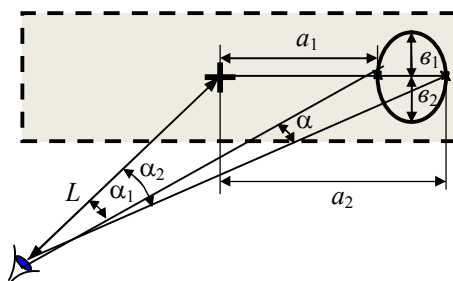


Рис. 1.4. Оценка горизонтального и вертикального размера слепого пятна (для простоты изображено в форме овала)

Таблица 1.1 – Данные для определения угловых размеров слепых пятен

	a_1 , см	a_2 , см	α_1 , °	α_2 , °	α , °	ϵ_1 , см	ϵ_2 , см	β_1 , °	β_2 , °	β , °
Правый глаз										
Левый глаз										

2. Обработка результатов измерений

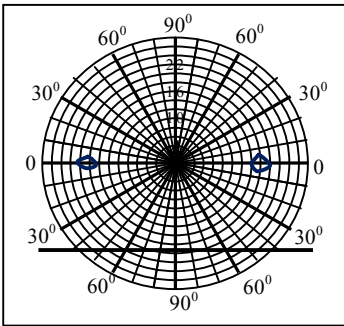


Рис. 1.5. Кампиметрическая пластинка Самойлова.

2.1. Прикрепить к кампиметрической пластинке Самойлова (рис. 1.5), т.е. прямоугольной пластинке из плексигласа размером 13х15 см с нанесенной схемой регистрации скотом, листок прозрачной бумаги и перенести на него схему регистрации.

2.2. Взять в руки пластинку и, закрыв один глаз, установить ее таким образом, чтобы точка фиксации (крестик) совпала с ее центром и одновременно совпали белая линия на доске (45 см вниз от крестика) и соответствующая горизонтальная линия на пластинке (4,5 см от ее центра).

2.3. Срисовать скотому на лист прозрачной бумаги.

2.4. Повторить п.п. 4 – 6 при другом закрытом глазе испытуемого.

2.5. Во второй части работы, когда измеряются горизонтальный и вертикальный размеры слепых пятен (п. 1.4), следует определить угловые размеры пятен, используя данные таблицы 1.1. и соотношения:

$$\alpha_1 = \arctg \frac{a_1}{L}; \quad \alpha_2 = \arctg \frac{a_2}{L}; \quad \alpha = \alpha_2 - \alpha_1 \quad (1.1)$$

$$\beta_1 = \operatorname{arctg} \frac{\rho_1}{L}; \beta_2 = \operatorname{arctg} \frac{\rho_2}{L}; \beta = \beta_1 + \beta_2 \quad (1.2)$$

- 2.6 Зарисовать скотомы на схему регистрации, распечатанную на бумаге, используя данные таблицы 1.1.
- 2.7. Оценить качество поля зрения испытуемого, имея в виду, что размер нормального слепого пятна по горизонтальной линии 6° , а по вертикальной - 9° максимально.

Контрольные вопросы

1. На какие группы можно разделить строение глаза с функциональной точки зрения?
2. Что определяет центральное зрение? Периферическое зрение?
3. Что собой представляет глаз с оптической точки зрения?
4. Что такое схематический глаз? Редуцированный глаз?
5. Какие характеристики зрения необходимо учитывать при конструировании систем ОНК?
6. Что такое разрешающая способность глаза?
7. От каких факторов зависит разрешающая способность глаза? Как она связана с угловой разрешающей способностью глаза?
8. Чему равно время инерции глаза?
9. Что собой представляет метод кампиметрии?
10. Что такое положительная скотома? Отрицательная скотома?