

## ЛЕКЦИЯ 7. Введение в системы визуально-оптического контроля

### 7.1. Методы и приборы контроля состояния человеческого глаза

Контроль состояния человеческого глаза составляет содержание такого раздела медицины, как офтальмология, и включает в себя следующие операции.

#### 7.1.1 Контроль остроты зрения (визуса)

Визус определяется формулой Снеллена и равен

$$V = d/D \quad (1)$$

где  $d$  – расстояние, на котором испытуемый находится от специальной таблицы (рис 7.1);  $D$  – расстояние, с которого штрих данной буквы виден под углом зрения (входной апертурный угол) в  $1^\circ$ . Большинство таблиц состоят из 10 рядов знаков, причем величина букв каждого ряда выбрана так, что она соответствует визусу на 0,1 больше предыдущего. Обычно испытуемый усаживается на расстоянии  $d = 5$  м, тогда верхний ряд соответствует  $V = 0,1$ , а нижний –  $V = 1$ .



Рис. 7.1 Таблица контроля остроты зрения

#### 7.1.2 Контроль поля зрения (кампиметрия)

Процедура кампиметрии подробно описана в лабораторной работе № 1, приведенной в методическом пособии «Методичні вказівки до лабораторних робіт з курсу "Оптичний контроль" / Ред. О.П. Сук. – Харків: ХДПУ, 1999. – 52 с».

#### 7.1.3 Контроль цветоощущения (аномалоскопия)

Чаще всего производится с помощью специальных псевдохроматических таблиц. Они состоят из кружков разного цвета, но одинаковой яркости. Расположены кружки так, что некоторые из них, окрашенные в один цвет, образуют какую-нибудь цифру или фигуру на фоне остальных, окрашенных в иной цвет (пример см. рис. 7.2). Нормальный глаз легко

прочитает таблицу, а аномальному глазу (глазу дальтоника) это будет очень трудно или даже невозможно. Существуют и более тонкие методы аномалоскопии с помощью специальных аппаратов.

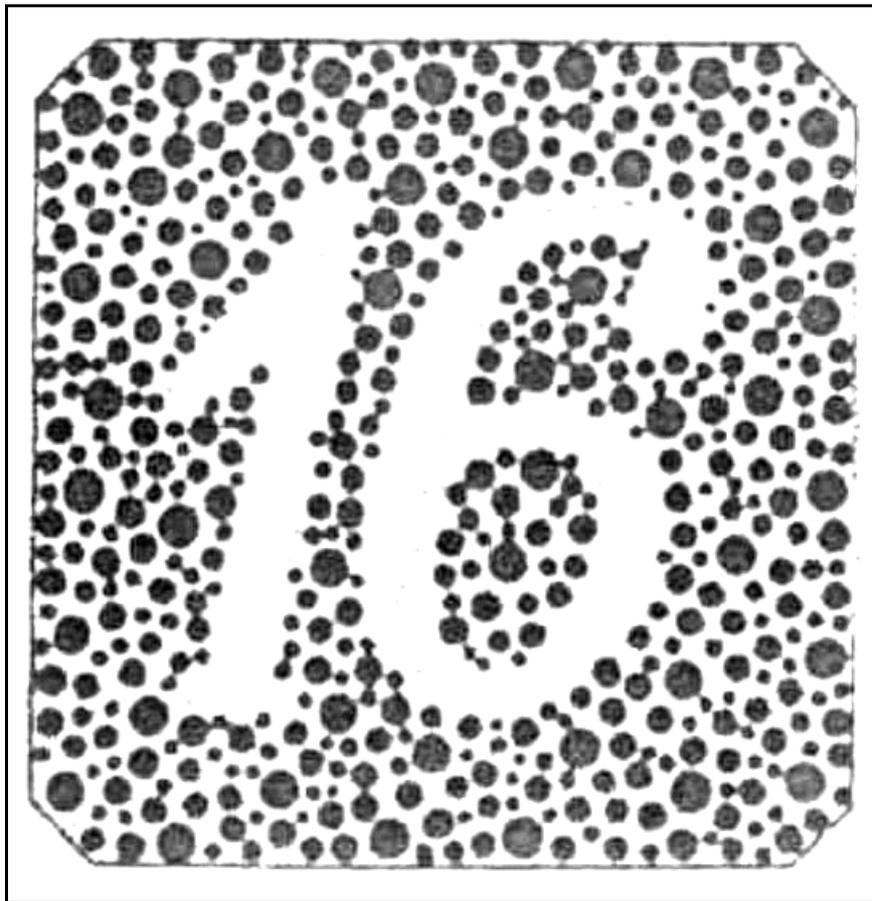


Рис. 7.2 Вид таблицы контроля цветоощущения

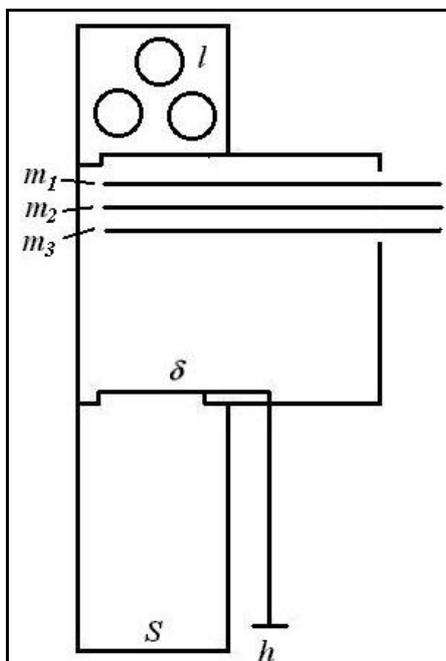


Рис. 7.3 Адаптометр

#### 7.1.4 Контроль светоощущения (адаптометрия)

Различают адаптацию глаза к свету, т.е. приспособления глаза к определенной освещенности, и его адаптацию к темноте. Именно последняя практически важна.

Если нормальный глаз хорошо адаптируется к свету, то при переходе к темноте только через 3-5 мин. светочувствительность глаза увеличится. С 10-й по 40-ю минуту она нарастает очень быстро, дальнейшее нарастание светочувствительности происходит очень медленно.

Контроль светоощущения ведется с помощью адаптометров, один из которых показан на рис. 7.3. Помещая испытуемого перед адаптометром в темной комнате так, чтобы он наблюдал за молочной стеклянной пластиной  $S$ , определяют момент, когда эта пластина начинает чуть-чуть светиться в темноте. Силу света можно регулировать с помощью заградителей и диафрагмы.

#### 7.1.5 Контроль стереоскопичности (бинокулярности) зрения.

Простейший, и в то же время надежный способ состоит в следующем. Перед одним глазом испытуемого ставят трубку, через которую он смотрит вдаль. К концу и сбоку трубки со стороны другого глаза испытуемый приставляет

свою ладонь. При нормальном бинокулярном зрении испытуемый видит в центре ладони дыру, в которой наблюдается то, что видит глаз, смотрящий через трубку.

7.1.6 Контроль рефракции, аккомодации и конвергенции глаза осуществляется с помощью таблиц остроты зрения и набора стекол (линз) с различными фокусными расстояниями и астигматизмом. Более современный метод, основанный на применении явления спекл-структуры лазерного луча, будет рассмотрен во второй части курса.

В глазных клиниках три характеристики глаза, которые в сумме определяют остроту зрения, обычно проверяют на специальных аппаратах

7.1.7 Контроль состояния глазного дна (сетчатки, сосудистой оболочки, желтого пятна, соска зрительного нерва), т.е. офтальмоскопия. Этот вид контроля основан на рассматривании поверхности глазного дна в отраженном свете. Первый офтальмоскоп был предложен Гельмгольцем в 1850 г. Принцип работы этого прибора иллюстрирует рис 7.4.

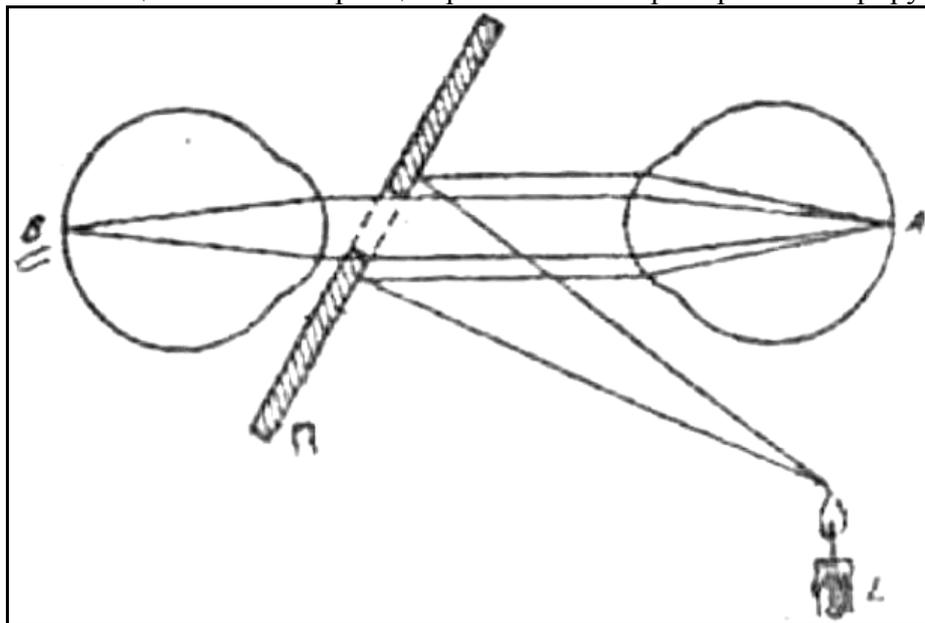


Рис. 7.4 Офтальмоскоп Гельмгольца

Использование свойств зрения, позволило создать широкий спектр визуально-оптических приборов. К простейшим приборам этого класса относятся: проекторы различного типа, в том числе телевизионные, обычные и стереоскопические микроскопы, эндоскопы.

## 7.2 Измерительные проекторы

Проекционный метод сравнения или измерения для контроля геометрии микро- и макрообъектов т.е. дефектоскопии. Этот метод заключается в получении увеличенного изображения изделия на экране с последующим его сравнением с изображением, принятым за эталонное.

Проекторы широко применяют для контроля различных изделий во многих отраслях промышленности: инструментов, резьбовых деталей, зубчатых колес, приборных камней, объектов сложной формы (например турбинных лопаток), а также изделий из хрупких и легкодеформируемых материалов и т. д.

Существуют два основных способа проектирования в отраженных и проходящих лучах (эпи- и диапроекции).

Источниками света в проекторах обычно служат галогенные лампы накаливания мощностью 100—500 Вт, охлаждаемые с помощью воздушной вентиляции. Оптическая система, как правило, содержит теплофильтр для устранения мощного теплового излучения этих источников (например, стекла типа СЗС-21 толщиной 2—3 мм).

Экраны проекторов просветного типа должны иметь высокую разрешающую способность (до  $50 \text{ мм}^{-1}$ ) и обладать хорошими светорассеивающими свойствами для получения возможно более равномерного пространственного распределения яркости. В

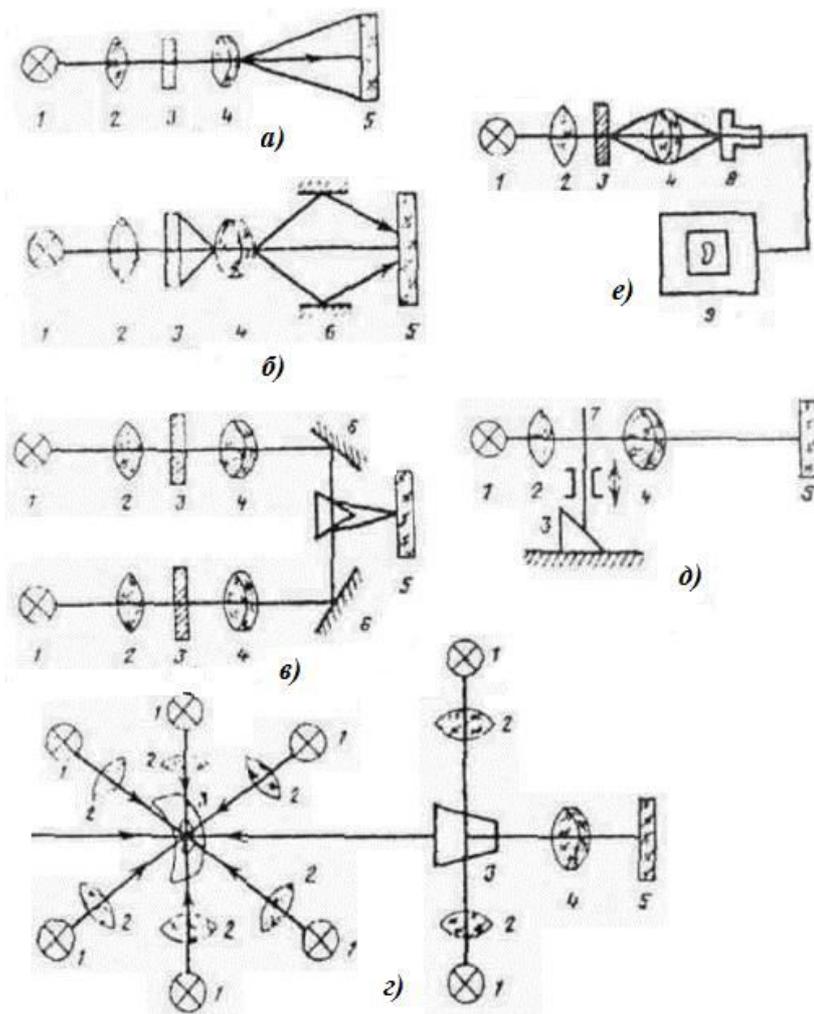
качестве материалов для экранов применяют матовые стекла, тонкие матированные лавсановые пленки или специальные экраны с многослойными прозрачными покрытиями из мелкодисперсных красителей, а также линзы Френеля с тонкой растровой структурой. Хорошими свойствами обладают экраны из топкого слоя воска на стекле, однако они сложны в изготовлении.

Цвет экранов обычно нейтральный (белый), однако в последнее время выпускают просветные экраны с темными противоореольными слоями, снижающими влияние паразитных засветок. Размер экрана колеблется от 100 x 100 до 2000 x 2000 мм. Яркость экранов составляет в среднем 40—100 кд/м<sup>2</sup>, что позволяет пользоваться проекторами при обычном освещении.

Большинство современных проекторов обладает измерительными функциями. Измерения производят при сравнении изображения контролируемого изделия с его чертежом или шаблоном, выполненным в масштабе проекции и закрепленным на экране, или при перемещении предметного стола микровинтами до совмещения изображения контуров детали с меткой на экране. Размер детали определяют как разность соответствующих показаний микровинтов.

Многие современные измерительные проекторы имеют фотоэлектрические или магнитные датчики, позволяющие регистрировать перемещения стола на табло цифрового индикатора с точностью до 0,005 мм. С помощью некоторых проекторов можно определять полярные координаты дефектов.

Рис 7.5 - Основные типы оптических схем проекторов  
 а) проектор подобного увеличения; б) проектор сведенного изображения; в) оптический компаратор; г) проектор светового сечения; д) контактно-проекционный проектор; е) телевизионный проектор  
 1 - источник света; 2 - конденсатор; 3 - объект контроля; 4 - объектив; 5 - экран; 6 - зеркало; 7 - подвижный щуп; 8 - телекамера; 9 - телевизор



По типу оптической схемы проекторы можно классифицировать на следующие группы:  
 1) подобного увеличения; 2) сведенного изображения; 3) совмещенного и

стереоскопического изображения; 4) светового сечения; 5) контактно-проекторные; 6) телевизионные (рис. 7.5, а) – е).

Проекторы *подобного увеличения* наиболее многочисленны. Их используют для контроля готовых изделий и в процессе их изготовления (станочные проекторы). Применение панкратических объективов позволяет решать задачи контроля пропорций изделий.

Проекторы *сведенного (двойного) изображения* применяют при массовом контроле однотипных деталей. Меняя угол наклона зеркал, устанавливают номинальный размер изображения. О качестве детали судят по отклонению ее изображения от эталона.

*Оптические компараторы* применяют для контроля деталей методом сравнения с эталонным изделием. Применяя светофильтры, ошибки разного плана можно характеризовать различными цветами. С помощью специальной осветительной системы можно получить объемное изображение изделия и контролировать его по трем координатам.

*Проектор светового сечения* позволяет получить на экране изображение профиля изделия сложной формы, освещаемого с боков плоскими пучками света. На изделие обычно наносят слой черни (сажи и т. п.), чтобы усилить контраст изображения. Точность измерения контура может достигать  $\pm 0,01$  мм при увеличении 10—20. При контроле протяженных изделий применяют цилиндрические объективы.

*Контактно-проекторные приборы*, служат для контроля профиля изделий методом регистрации на экране, изображения щупа, перемещение которого связано с изменением размера детали; примеры технических характеристик оптико-механических проекторов приведены в табл. 7.1.

Таблица 7.1

Тип, марка	Увеличение	Поле зрения, мм	Размеры экрана, мм	Положение экрана относительно горизонта, град	Пределы перемещения продольно-поперечного стола (цена деления нониуса), мм	Цена деления нониуса угломера, минуты
1	2	3	4	5	6	7
Часовой проектор ЧП	10—100	54—6	560X460	20	40—25 (0,01)	5
Часовой проектор ЧП-1	10—200	38—1,75	480X350	30	40—25 (0,001)	3
БП	10—50	—	∅ 600	0	25 и 150 (с плитками Иогансона)	2
МХП	228 и 500	0,83 и 0,4	∅ 200	90	25—30 (0,1)	—
МП-2	50 и 100	—	∅ 160	—	—	—
ОГ-10П	5	60	400X400	80	0,1	5
ПО-1	8	—	∅ 120	80	0,1	5
Негатоскоп ОД-11Н	1	—	100X200	60	0,5	—
Негатоскоп ОД-10МН	1	—	150X300	60	0,5	—
ПТП	20	—	—	—	—	—
П-81	33, 50	10, 6	350 X 300	0	±100	—
ПМГ-1	20, 50, 100	3, 5, 12	250X300	15	0—25	5
Метрон	3,8—70	115	∅ 150	0	(0,05)	—

Окончание таблицы 7.1

1	2	3	4	5	6	7
Пропор- ционскоп	40–100	4–1,5	∅ 150	15		5
Проектинако мпаратор	2–10	80–17	175X175	0	±250	—
Микрокомпа ратор	3–1250	—	∅ 150	15	±100	—
Инспектор	10—200	15–0,3	∅ 350	15	0-50	5
МН-П	10–450		∅ 150	0	±50	—

*Телевизионные проекторы* широко применяются в дефектоскопии. Они обладают следующими преимуществами:

возможность усиления яркости, контраста изображения, сравнительно малые световые нагрузки на объект, равномерное распределение яркости экранов ЭЛТ, высокое качество изображения (в том числе цветного), возможность размножения изображения на нескольких телевизионных приемниках и наблюдения на большом удалении от объекта, широкий спектральный диапазон преобразования светового сигнала, который можно наблюдать в невидимых лучах.

Благодаря этим свойствам резко снижается утомляемость операторов, увеличивается производительность труда. С помощью телевизионных проекторов можно легко автоматизировать процесс измерений и контроля и выдавать результаты на компьютерах, а также производить различные преобразования изображения и их количественную обработку (выделение изолинии и т. д.).

Расширению областей применения телевизионных проекторов способствует серийное производство высокоэффективных передающих трубок и аппаратуры промышленного телевидения.

Наиболее распространена схема *проектора с передающей телевизионной трубкой*. Она включает источник света, объектив, передающую трубку, видеотракт с блоками усиления и обработки сигнала и видеоконтрольное устройство. Для управления процессом контроля и запоминания информации могут быть использованы ПК. В телевизионных устройствах, как правило, применяют стандартные осветительные и оптические элементы. Качество изображения в основном определяется передающей трубкой. Чаще всего в используют трубки типа видикон и диссектор.