

В.А.БАРАБАНЩИКОВ, М.М.МИЛАД

**МЕТОДЫ ОКУЛОГРАФИИ В
ИССЛЕДОВАНИИ ПОЗНАВАТЕЛЬНЫХ
ПРОЦЕССОВ И ДЕЯТЕЛЬНОСТИ**

Москва 1994

ББК 88.2 Б 24

Барабанщиков В.А., Л илад М.М.

Б 24 Методы окулографии в исследовании познавательных процессов и деятельности. М.: Институт психологии РАН, 1994 - 88 с.

ISBN 5 - 02 - 13318 - 3

Проводится сравнительный анализ методов регистрации окулоmotorной активности человека. Рассматриваются их возможности, ограничения и перспективы использования в исследовании познавательных процессов и деятельности человека.

Книга предназначена психологам, физиологам, эргономистам, офтальмологам и может быть рекомендована студентам психологических факультетов ВУЗов в качестве пособия по курсам «Психология восприятия» . «Методы психологического исследования».

Рецензенты:

Д.Н.Завалишина, доктРр психологических наук

В.И.Козлов, кандидат психологических наук

На обложке использо-ован графический этюд художника-втерналиста АЛ.Неумыеакина

ISBN 5-02-13318-3

Барабанщ5иков Владимир Александрович, Милад Махмуд Мухамад
Издание книги поддержано Российски*«Фондом фунАаментальных исследований (код проекта
94-(06-193Ю, гранд № 18)

ВВЕДЕНИЕ

Широкое увлечение «личностным инструментарием» (опросниками, тестами и т. п.), охватившее российскую психологию в последнее десятилетие, оттеснило на задний план аппаратные методы, традиционно связанные с изучением познавательной сферы человека и его деятельности. Между тем, аппаратный эксперимент имеет в отечественной науке не только глубокие корни, но и мощный методический «задел», способный обеспечить достижения самого высокого уровня. В его состав по праву входят и методы окулографии.

Окулография - сравнительно молодая область знания и практики, занимающаяся разработкой средств и процедур регистрации (измерения) движений глаз. Она имеет междисциплинарный характер, обслуживая комплекс наук, изучающих ориентировку индивида в среде и организацию форм его активности (психологию, физиологию, кибернетику, механику и др.). В рамках психологии методы окулографии используются при анализе процессов зрительного восприятия, внимания, представления, наглядно-действенного мышления, координации движений и регуляции деятельности. При этом они выступают не только как средство исследования, но и как средство диагностики и обучения.

Задача измерения позиции или перемещения глаз в орбитах была осознана в России еще в прошлом веке и первоначально решалась с помощью субъективных процедур: о характере окуломоторной активности испытуемого судили по косвенным признакам - изменению восприятия относительного положения или величины объектов, смещению послеобраза или особенное-

тям энтоптических явлений (Шляхтин, 1866; Янский, 1866; Воинов, 1873). Непосредственно перед Великой Отечественной > войной проводились аппаратные наблюдения за движениями глаз (Гассовский, Никольская, 1941). Объективные методы регистрации (собственно окулография), позволяющие вести измерения глазодвигательной активности в ходе выполнения испытуемым различных задач, стали разрабатываться в 50-х годах и уже в 60-70-е годы получили широкое распространение (Ярбус, 1965; Запорожец, Венгер, Зинченко, Рузская, 1967; Гуревич, 1971; Ломов, Вергилес, 1975; Гиппенрейтер, 1978 и др.). В настоящее время можно выделить пять базовых способов регистрации движений глаз человека: (1) киносъемку, (2) электроокулографию, (3) фотооптический, (4) фотоэлектрический и (5) электромагнитный методы, каждый из которых вносит свой вклад в решение психологических проблем, имеет как положительные, так и отрицательные стороны и реализует различный методический потенциал. Их дальнейшая разработка ведет к модификации арсенала средств психологической науки и получению нового более глубокого знания о природе человеческой психики.

Цель данной работы - познакомить читателей (особенно молодых) с основными методами окулографии и теми возможностями, которые они предоставляют исследователям познавательных процессов и деятельности. Она написана на материале экспериментальных исследований глазодвигательной активности человека, выполненных в России за последние десятилетия, и является попыткой обобщения (по методическому основанию) того, что сделано и делается в данной области.

Книга не претендует на роль практического руководства по окулографии или сборника конкретных методик регистрации движений глаз. Скорее, это «путеводитель» по основным методам окулографии, призванный сориентировать читателя в средствах измерения и оценки глазодвигательной активности и ввести его в проблематику исследований движений глаз. С решением данной задачи связано использование большого ил-

люстративного материала, включая оригинальные примеры оку-
лограм, и относительно полного списка литературных источни-
ков, опубликованных по теме на русском языке.,

Работа адресуется психологам, физиологам, эргономистам, офтальмологам и может быть
рекомендована студентам психологических факультетов ВУЗов в качестве учебного пособия по
соответствующим разделам курсов «Психология восприятия», «Методы психологического
исследования».

ГЛАЗОДВИГАТЕЛЬНАЯ АКТИВНОСТЬ

В процессе эволюции глаза формировались как органы зрения, обеспечивающие организм дистантную ориентацию в оптически разнородной среде. По своему строению и способу функционирования это - уникальное устройство преобразования светового потока в активность нервной ткани, которая лежит в основе разнообразных психических явлений: зрительных ощущений, восприятий, представлений и т.п.



Рис.1. Внешний вид глаза человека

Внешний вид глаза человека изображен на рис. 1. Конъюнктивя - белая соединительная ткань, пронизанная мелкими кровеносными сосудами, в передней части глазного яблока переходит в более изогнутую и прозрачную роговицу. Позади роговицы располагается пигментированная (серая, синяя или каряя) радужная оболочка, обрамляющая зрачок. В зависимости от интенсивности светового потока диаметр зрачка может меняться. Конъюнктивя и роговица покрыты тонкой пленкой слезной жидкости, которая равномерно распределяется при

движении век (мигании). Слезная жидкость улучшает оптические свойства поверхности роговицы, выполняет роль смазки и защищает глаз от проникновения инфекции.

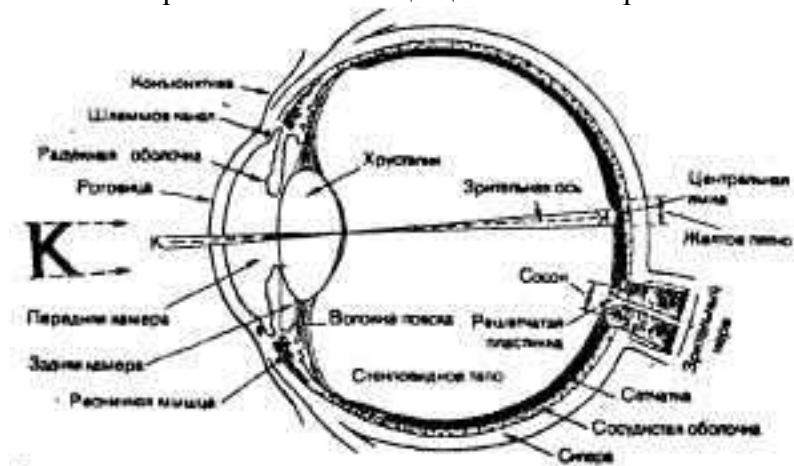


Рис. 2. Строение глаза (Грюссвр, Грюссвр-Корнвльс, 1984)

Оптическая система глаза представляет собой неточно центрированную систему линз, которая формирует перевернутое, сильно уменьшенное и искаженное изображение (ретинальный образ) источников света. Отраженный свет проникает в глаз сквозь роговицу, проходит через хрусталик, обладающий способностью менять свою преломляющую силу, стекловидное тело (желеподобную жидкость, заполняющую глаз), сложную сеть кровеносных сосудов, дендритов и аксонов нейронов, попадая, наконец, на светочувствительную поверхность сетчатки (рис. 2). Именно здесь происходит первичная обработка оптической информации и посылаются соответствующие сигналы в вышележащие отделы центральной нервной системы.

Светочувствительные клетки (рецепторы) расположены на поверхности сетчатки неравномерно. Наиболее плотно они сосредоточены в небольшой (1,3 угл.град.) области около пересечения

плоскости сетчатки с оптической осью глаза. Данная область - fovea central» - обеспечивает наивысшую разрешающую способность глаза. С увеличением эксцентриситета плотность рецепторов постепенно падает, а разрешающая способность глаза - уменьшается. Исключение составляет небольшая область вхождения зрительного нерва в глазное яблоко - слепое пятно (16-18 угл.град. по горизонтальному меридиану назальной части сетчатки). Она лишена фоторецепторов и неспособна вызвать зрительный процесс. Сетчатка каждого глаза обеспечивает возможность восприятия ахроматических объектов в зоне —150 угл.град. (по горизонтали) и —130 угл.град. (по вертикали), при этом центр поля зрения смещен к назальной части примерно на 15 угл.град.

С неоднородностью разрешающей способности тесно связано другое свойство - мобильность, или изменение местоположения глаза в орбите. Глаз - не только орган зрения, но и орган движения. Каждый зрительный акт предполагает окуломоторную активность, посредством которой осуществляется поиск необходимого объекта, его выделение из фона, рассматривание или «мысленное преобразование». Это обстоятельство и позволяет использовать параметры движений глаз в качестве индикаторов перцептивного процесса и связанных с ним форм деятельности.

Глаз человека приводится в движение шестью наружными мышцами, укрепленными в глазной впадине (рис. 3). Несмотря на отсутствие центра подвеса или физической оси вращения, глазное яблоко вращается относительно постоянного центра, расположенного внутри глаза на зрительной оси. Расстояние между вершиной роговицы и центром вращения глаза приблизительно равно 13,5 мм.

Известны восемь основных видов движений глаз: тремор, дрейф, микро- и макросаккады, прослеживающие, вергентные, торзионные движения и нистагм. Каждый из них обладает характерными биомеханическими свойствами (амплитудой, скоростью, частотой, траекторией и т.д.) и подчинен соответствующей системе контроля (Ярбус, 1965; Леушина, 1971; Шахнович, 1974; Alpern, 1973; Bach-Y-Rita, Collins, 1971; Ditchbum, 1973 и др.).

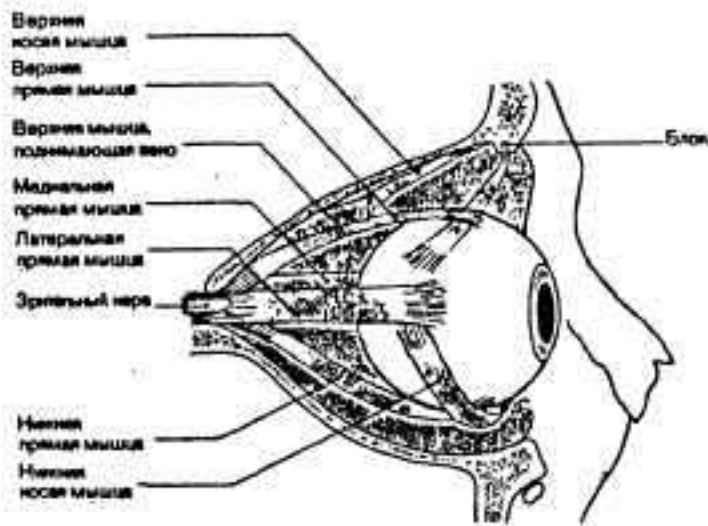


Рис. 3. Мышечный аппарат глаз

Тремор – мелкие, частые колебания глаз (рис. 4). Средняя амплитуда – 20–40", частота – до 250–270 Гц. В результате тремора ось глаза описывает эллипсоподобные фигуры. Тремор – естественный двигательный фон окулomotorной активности, неподдающийся произвольному контролю. Дрейф – медленное, плавное перемещение глаза, прерываемое микросаккадами (рис. 5, А). Скорость дрейфа меняется от 0 до 40 угл.град./с, длительность – от 30 до 5000 мс. При фиксации объекта на дрейф приходится 97% времени. Считается, что дрейф создает наиболее благоприятные окулomotorные условия для приема и переработки оптической информации.

3. Микросаккады – быстрые движения продолжительностью 10–20 мс. Диапазон амплитуды • 2–50', скорость от 3 до 12 угл.град./с. Микросаккады плохо поддаются произвольному контролю и возникают при фиксации объектов. Периодические «сплывы» глаз, компенсируемые микросаккадами, образуют самостоятельную двигательную единицу – физиологический ни-стагм (рис. 5, В).

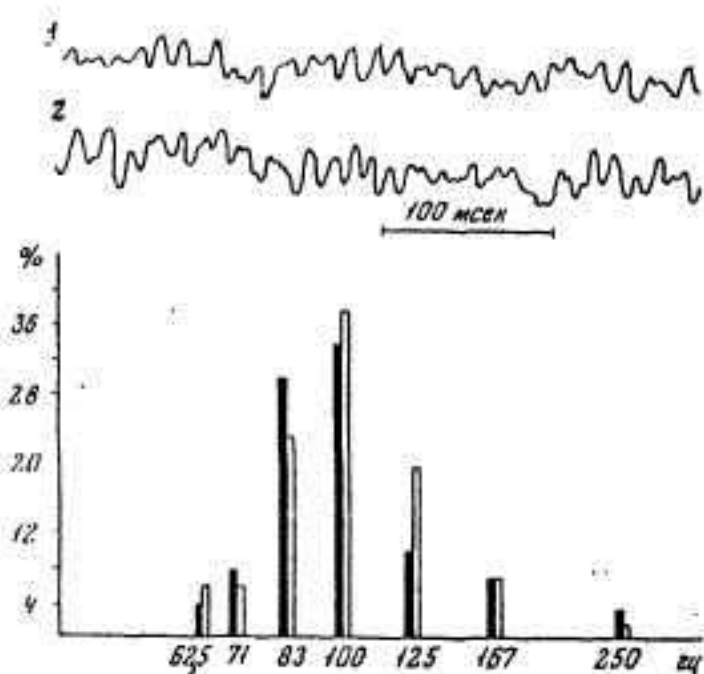


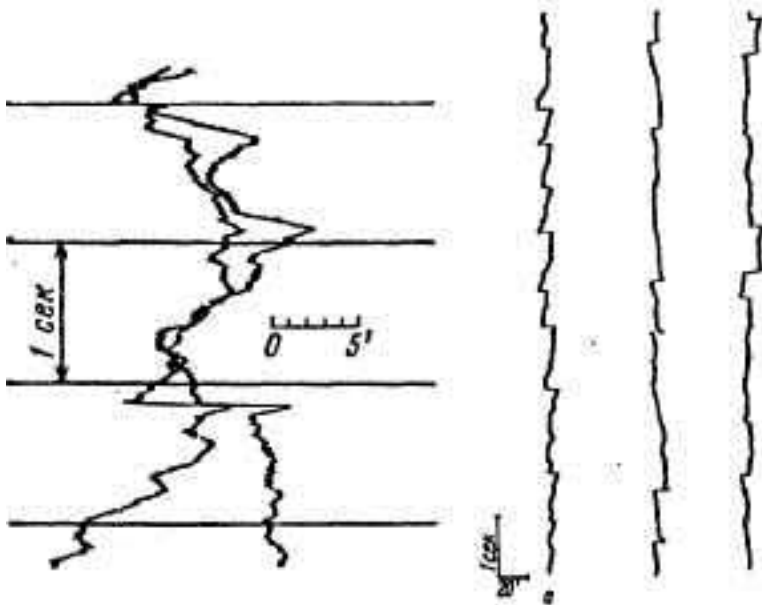
Рис. 4. Тремор глаз в Корме (Шахнович, 1974)

1 - тремограмма правого глаза; 2 - тремограмма левого глаза; внизу гистограмма тремора правого (черные столбики) и левого (белые столбики) глаз; по оси ординат - процентное соотношение отдельных частот в спектре тремора; по оси абсцисс - в логарифмическом масштабе частота тремора в Гц.

Тремор, дрейф и малоамплитудные саккады обычно относят к категории микродвижений глаз, противопоставляя их макродвижениям: крупноамплитудным саккадам, прослеживающим и вергентным движениям. Если микродвижения связаны преимущественно с сохранением, то макродвижения - с изменением местоположения глаз в орбите.

4. Макросаккады - резкие изменения позиции глаза, отличающиеся высокой скоростью и

точностью (рис. 6). Амплитуда саккад варьирует в широких пределах от 40-50 угл.мин. до 50-10



6 0

Рис. 5. Записи горизонтальной составляющей:

А - движений двух глаз на фотокимографе в процессе фиксации неподвижной точки испытуемых. На записи хорошо видна асинхронность дрейфов глаз и тремор (Ярбус. 1965). Б - фиксационного нистагма у трех различных испытуемых: а - «правосторонний», б - «левосторонний», в - «центральный» (Гиппенрейтер, 1978).

60 угл.град., но в естественных условиях восприятия не превышает 20 угл.град. Продолжительность, скорость и ускорение движения находятся в степенной зависимости от его амплитуды. Скорость саккады плавно достигает максимума (примерно в середине пути) и затем плавно убывает до 0. Максимальная скорость двадцатиградусного скачка - 450 угл.град./с, его продолжительность - 70 мс. Средняя частота саккадических движений - 2-3 Гц. Как правило они совершаются по кратчайшей прямой между смежными точками фиксации, но в принципе их

11

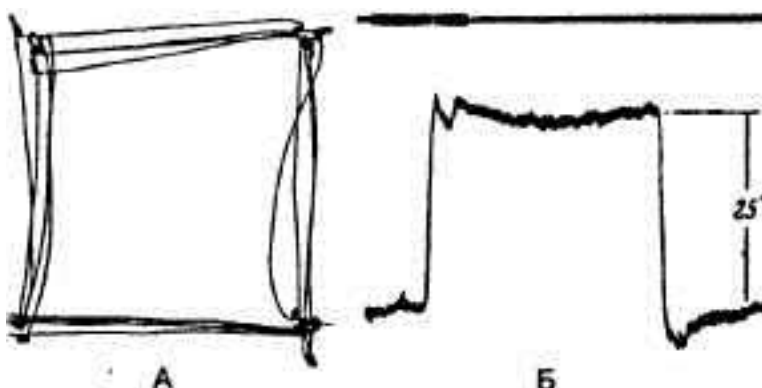


Рис. 6. А - запись скачков глаз между углами квадрата на неподвижную светочувствительную бумагу (Ярбус, 1965). Б - электроокулог-рамма фиксационного поворота глаз: последовательная фиксация верхней и нижней светящихся точек (Гуревич, 1971).

траектория может иметь синусоидальную, крючкообразную и другие неправильные формы. Сяккады возникают при смене точек фиксации, например, во время рассматривания картины, поиска заданного объекта, пересчета элементов и др., и обычно носят произвольный характер (имеется в виду произвольность выбора наблюдателем нового объекта фиксации; произвольно изменить продолжительность, скорость или ускорение макросак-кады невозможно). В момент скачка складываются наименее благоприятные условия для получения оптической информации. 5. Прослеживающие движения - плавные перемещения глаз, возникающие при движении объектов

поля зрения (рис. 7). Они обеспечивают сохранение изображения фиксируемого объекта в зоне наилучшего видения. Прослеживающие движения глаз появляются произвольно через 150-200 мс после начала движения объекта и продолжаются в течение 300 мс после его остановки или исчезновения. Основной диапазон скоростей $5^\circ/\text{с} - 90^\circ/\text{с}$ угл.град./с. Амплитуда движений ограничивается пределами моторного поля глаза (плюс-минус 60° угл.град. по горизонтали и плюс-минус 40° угл.град. по вертикали). За

12

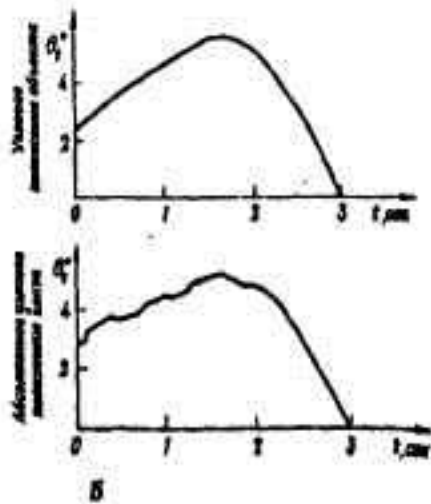
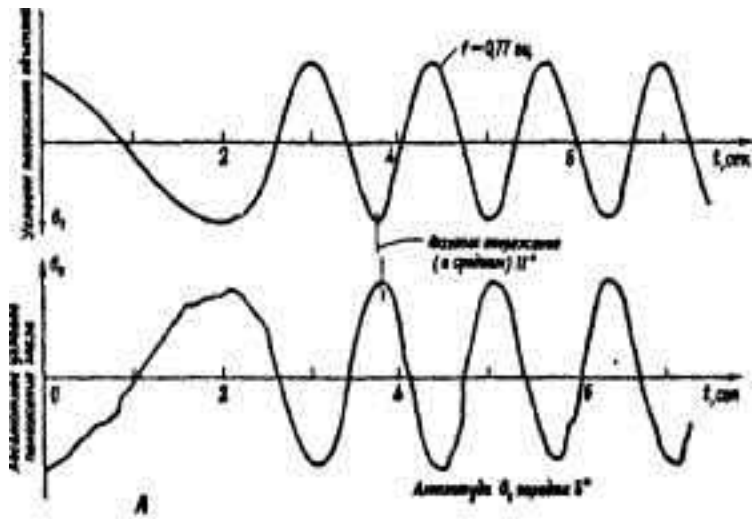


Рис. 7. Режим плавного слежения за перемещающейся точкой: А - предсказуемая траектория; Б - непредсказуемая траектория (часть параболы) (Милсум, 1968).

13

небольшим исключением вызвать прослеживающие движения произвольно (например, по представлению движущегося объекта) невозможно. Прослеживающие движения глаз существенно расширяют диапазон скоростей движения объектов, при котором сохраняется их эффективное восприятие. Другим источником плавных движений являются повороты головы. Однако в этом случае параметры движений глаз могут вообще не зависеть от свойств оптической стимуляции (они сохраняются и в темноте).

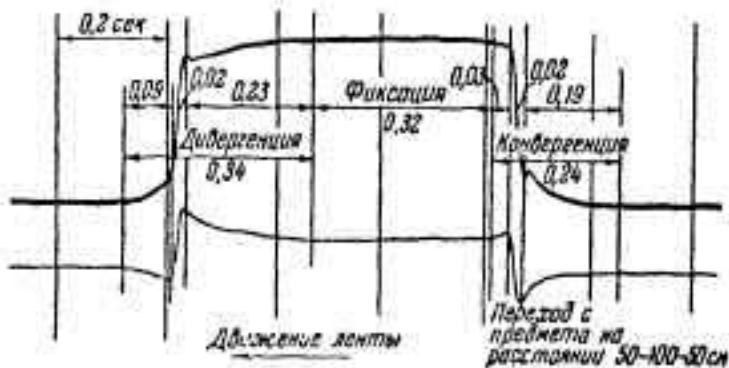


Рис. 8 Вергентные движения глаз при смене точек фиксации (Ярбус, 1965)

6. Вергентные движения - сведение (конвергенция) или разведение (дивергенция) оптических осей глаз (рис. 8). Они включены в процесс стереоскопического зрения, обеспечивая необходимое соответствие проекций объекта на сетчатках обоих глаз. При фиксации зрительные оси пересекаются на наблюдаемом объекте. Стимулом вергентных движений является диспаратность и диплопия (раздвоение) изображений нового объекта фиксации вследствие раздражения несимметричных областей сетчаток. Движения возникают через 200 мс после появления объекта и продолжаются несколько сот миллисекунд. Они носят преимущественно плавный характер с

максимальной скоростью

14

в несколько десятков угловых градусов в секунду. В момент конвергенции (дивергенции) зрительная способность глаз сохраняется.

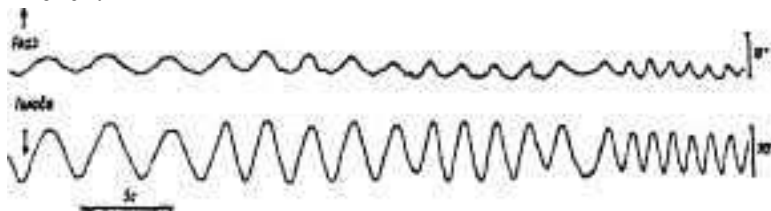


Рис. 9. Записи ротационных движений глаз (вверху) при наклонах головы из стороны в сторону (внизу). Стрелки указывают направление против часовой стрелки (Белопольский, Вергилес, 1990)

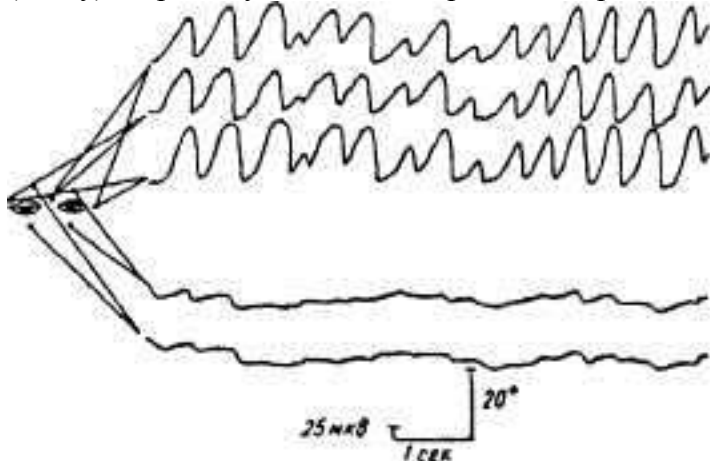
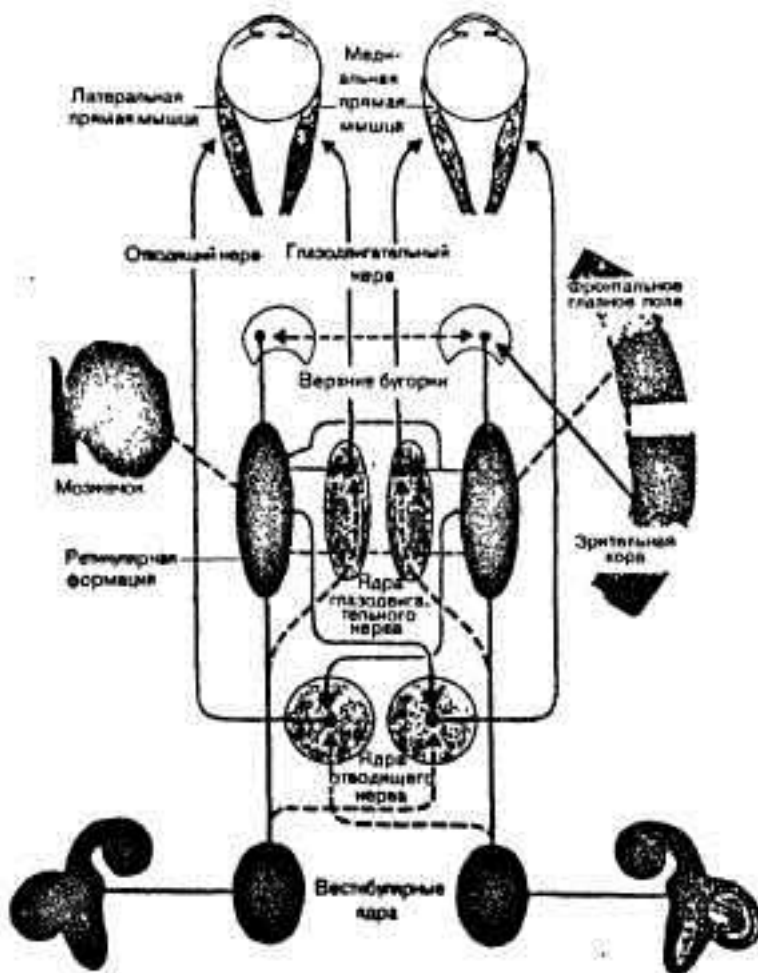


Рис. 10. Оптикинети́ческий нистагм. Три верхние кривые - запись горизонтальных движений глаз: для правого глаза, для левого глаза, обоих глаз одновременно; две нижние кривые - запись вертикальных движений правого и левого глаза. Видна четкая синхронность всех 3 кривых записи горизонтальных движений глаз. На вертикальные каналы горизонтальные движения глаз почти не передаются. Амплитуда нистагма колеблется в пределах 18-16-5 утл. град. Ритм 22 удара за 10 сек. Соотношение быстрой и медленной фаз 1 : 7; 1 : 4 (Благовещенская, 1968).

15

Торсионные, или ротационные движения - вращательные перемещения глаз относительно оптической оси (рис. 9). Они содержат как саккадический, так и плавный компонент; амплитуда движений ограничена 10 утл. град. Основное назначение - частичная компенсация наклонов головы относительно гравитационной вертикали. Нистагм - устойчивая окуломоторная структура, включающая чередование саккад и плавных прослеживающих движений (рис. 10). Амплитуда, частота и форма нистагма широко варьируют в пределах параметров базовых видов движений и зависят от его природы; нистагм может иметь оптическое (например, оптикинети́ческий нистагм), эхоическое (вестибулярный нистагм), центральное (виды врожденного нистагма) происхождение. Функция нистагма - компенсация нарушений зрительной и вестибулярной систем или сохранения эффективности восприятия элементов движущейся среды, имеющей регулярную структуру.

Рассмотренные виды окуломоторной активности скоординированы в пространстве и времени и реализуются параллельно (за исключением тремора и дрейфа) каждым из глаз. Более того, они согласованы с другими моторными процессами, протекающими как в самом глазу (изменение кривизны хрусталика, диаметра зрачка, ширины глазной щели), так и в других системах организма (движения головы, рук, локомоции). За каждым видом движений и их синтезами всегда стоит некоторое целое, включающее наряду с эффекторами рецепторные аппараты (сетчатка, лабиринт, мышечные веретена) и контролирующие инстанции центральной нервной системы (верхние бугорки четверохолмия, ядра наружного коленчатого тела, мозжечок, зрительная и лобная области коры) (рис. 11). Подобное объединение на основе общей функции - изменения либо сохранения положения глаз в орбитах - получило название глазодвигательной системы (ГДС) (Леушина, 1972; Владимиров, Хомская, 1981; Alpern, 1972). По способу функционирования она относится к системам управления с отрицательной обратной



Лабиринт

Рис. 11. Схематическое изображение глазодвигательной системы человека

связью, т.е. реагирует на рассогласование между требуемым и действительным положением или скоростью смещения глаз (Милсум, 1968; Андреева, Вергилес, Ломов, 1975; Fender, Nye, 1961; Robinson, 1975). В зависимости от каналов афферентно-

17

эфферентного взаимодействия и ведущего принципа управления в рамках ГДС дифференцируются subsystemы, ответственные за выполнение отдельных видов движений. К ним относятся, в частности, саккадическая и плавная прослеживающая subsystemы; первая стимулируется «позиционной ошибкой» локализации объекта относительно глаз, вторая - векторной скоростью воспринимаемого объекта (Rashbass, 1961; Robinson, 1964, 1965; Fuch, 1971). Очевидно, что анализ окуломоторной активности - путь, ведущий к пониманию принципов и механизмов биологических систем регулирования, разновидностью которых является ГДС, роли движений глаз в процессе зрения, а также к диагностике функционального состояния различных отделов зрительной системы и ее межсистемных связей.

На уровне психической организации индивида движения глаз включены в осуществление процессов познания и деятельности. Человек не только принимает и перерабатывает зрительную информацию, но так или иначе относится к ней. Активное познавательное отношение к воспринимаемому находит выражение в феномене взора - визуальной направленности субъекта на определенный элемент или отношение наличной ситуации, которая проявляется в соответствующей ориентации оптических осей глаз. В зависимости от степени включенности человека в ситуацию взор может быть «осмысленным» или «отсутствующим»; в зависимости от площади предмета зрительного восприятия - «тупым» или «острым»; в зависимости от степени информационной загруженности - «пристальным» или «скользящим»; в условиях невербального общения он может выполнять функцию знака: указывать партнеру направление движения либо предмет, свойства которого необходимо учесть. В любом случае это показатель некоторой внутренней работы человека, его актуального состояния или намерения.

Участвуя в реализации взаимодействия человека с миром (деятельности, общения, учения, игры) движения глаз приобретают статус операций и действий, т.е. оформляются в целостные окуломоторные образования (структуры), которые побуждают -

18

ся определенным мотивом, ориентированы на достижение конкретной цели, соотносятся с условиями выполнения деятельности (Запорожец, Венгер, Зинченко, Рузская, 1967; Гиппенрейтер, 1978). Сохраняясь лишь доли секунды, глазодвигательный акт подчиняется тем же самым законам, по которым строится любое произвольное движение (Бернштейн, 1990). По-существу, целенаправленное перемещение либо сохранение позиции глаз в орбитах выражает решение двигательной (окуломоторной) задачи (Шахнович, 1974; Гиппенрейтер, 1978; Гиппенрейтер, Романов, 1990). Ее предметное содержание, с одной стороны, определяет состав и структуру сенсорных коррекций, моторные единицы, ведущий уровень организации и способ выполнения движений глаз, с другой - определяется характером взаимодействия индивида со средой, человека с миром. Познавательная потребность, схема ситуации, пространство зрительно воспринимаемых отношений, план действия, установка и состояние наблюдателя, перцептивные и интеллектуальные операции входят в окуломоторный акт в качестве его психологического содержания (Барабанщиков, 1990).

Анализируя движения глаз, исследователь получает возможность раскрыть закономерности организации психических (прежде всего познавательных) процессов, диагностировать степень их развития или деструкции (в случае патологии) и определить место в структуре деятельности. Обращение к движениям глаз особенно аффективно при изучении познания и деятельности человека в визуально данной или визуализируемой ситуации: при выполнении задач зрительного восприятия, пространственных представлений, наглядно-действенного и наглядно-образного (визуального) мышления, которые имеют отчетливо выраженную развернутую во времени ориентировочную, или исследовательскую, фазу. Типичными здесь являются решение лабиринтных и шахматных задач, графическая (вообще изобразительная) деятельность, процессы чтения, поиска заданного объекта . на фоне других, рассматривания изображений, пересчета элементов, установление отношений.

19

Включаясь в разные системы связей и отношений, движения глаз несут полезную информацию о процессах ЦНС, способах регулирования движения, организации познавательных процессов, состояниях человека и его деятельности. Чтобы получить ее, необходимо уметь регистрировать окуломоторную активность.

В настоящее время известно много способов измерения и оценки движений глаз человека (Ярбус, 1965; Запорожец, Венгер, Зинченко, Рузская, 1967; Зинченко, Вергилес, 1969; Владимиров, 1972; Шахнович, 1974; Крищунас, 1981; Смирнов. 1984; Bach-Y-Rita, Collins, 1971; Lennerstrand, Bach-Y-Rita, 1975; Monty, Senders, 1976; Fisher, Monty, Senders, 1981; Groner, Menz, Fisher, Monty, 1983; Gale, Johnson, 1984; O'Regan, Levy-Schoen. 1987; Luer et al., 1988 и др.), среди которых наиболее разработаны киносъемка, электроокулография, фотооптический, фотоэлектрический и электромагнитный методы. Рассмотрим их подробнее, обращая внимание на (1) физический (технический) принцип, лежащий в основе каждого из методов, (2) их возможности и недостатки, (3) научные проблемы, решаемые с их помощью, а также (4) характер получаемых данных.

20

КИНОРЕГИСТРАЦИЯ

Метод киnoreгистрации включает три взаимосвязанные процедуры: (1) киносъемку положения глаз испытуемого в процессе решения зрительных, мнемических и интеллектуальных задач, (2) покадровый анализ пленки и (3) наложение траектории перемещения глаз на экспонируемый объект или тестовую ситуацию. Во время съемки объектив кинокамеры устанавливается против лица испытуемого в плоскости экрана, на который экспонируется объект, на расстоянии 50-80 см. Скорость съемки выбирается в зависимости от целей эксперимента: чем точнее необходимо определить пространственно-временные характеристики окуломоторной активности, тем более высокая скорость (частота кадров в секунду) должна быть использована (рис. 12). Абсолютное положение глаз испытуемого реконструируется экспериментатором по окончании опытов в ходе покадровой обработки пленки (на специализированном проекторе). Источником информации об

окуломоторной активности служит смещение изображения контролируемого элемента глаза (край или центр зрачка, кровеносный сосуд склеры, роговичный блик и т.п.) относительно неподвижной части лица или оборудования. Траектория движений глаз устанавливается путем сопоставления относительного положения контролируемого элемента в смежных кадрах, а длительность движений - по соответствующему ему числу кадров. Построенная на масштабной бумаге циклограмма движений глаз при помощи пантографа переносится на копию экспонируемого объекта.

Метод ориентирован на измерение макродвижений глаз. Обеспечиваемая точность измерений - 1-2 угл. град. Возможна

21

моно- и бинокулярная регистрация. Метод позволяет определить маршруты движений глаз относительно поверхности объекта, число и длительность фиксаций элементов стимульной ситуации больших угловых размеров (свыше 2-3 угл. град.), направление и скорость прослеживающих движений глаз, смену фиксаций разноудаленных объектов и некоторые другие характеристики окуломоторной активности.

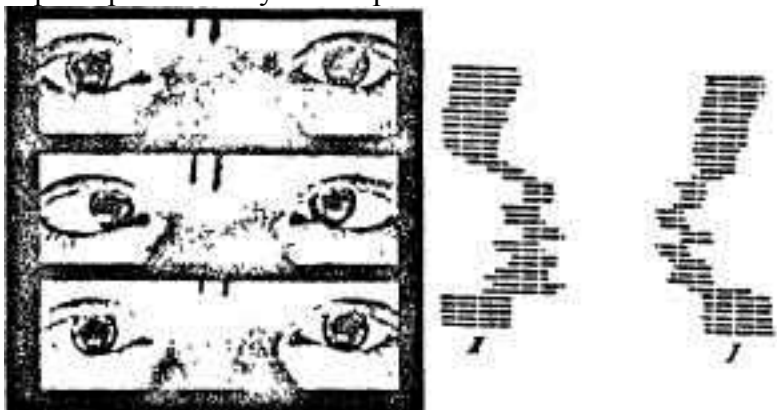


Рис. 12 Акт конвергенции в норме (Шахнович, Шахнович, 1964). Скорость кинематографической записи - 10 кадров в секунду. Слева кинокадры. 1-й, 13-й, 36-й. Справа последовательные отпечатки диаметров зрачков с кинокадров. Сведение зрительных осей правого (I) и левого (II) глаза приводит к сужению зрачков (уменьшение столбиков на кривой) На столбиках в виде вертикальных линий отпечатывается шкала-масштаб, по которой можно определить абсолютные значения диаметра зрачка. Расстояние между двумя линиями соответствует 2 мм

Киносъемка является достаточно удобным (а в некоторых случаях единственным) средством измерения окуломоторной активности у детей, отдельных категорий больных, а также у операторов различных систем управления. Ее главное достоинство - прямая запись и связанные с этим безынерционность и достоверность регистрации. Это позволяет, в частности, проводить исследования без предварительной калибровки, вычисляя

22

измеряемую позицию глаз на основе несложной формулы (Шахнович, Шахнович, 1964). К достоинствам относится и бесконтактность метода, а также возможность сохранения испытуемым естественной позы и небольших смещений головы. Вместе с тем, он чувствителен к условиям освещения поверхности лица испытуемого (что сужает круг решаемых задач) и отличается высокой трудоемкостью покадровой обработки материала. Основное предназначение рассматриваемого метода - лабораторный и естественный эксперимент.

Конкретные методики кинорегистрации движений глаз с указанием аппаратуры, стимульного материала, процедуры получения и обработки данных описаны в работах В.П.Зинченко (1956), Д.Н.Завалишиной (1965) и О.К.Тихомировым (1969).

В России киносъемка движений глаз использовалась с середины 50-х до начала 70-х годов. Уже первые исследования окуломоторной активности (Зинченко, 1956; 1958) позволили установить, что движения глаз не только разнообразны по форме (пространственно-временным характеристикам), но и выполняют в познавательном процессе различные функции: ориентировки, поиска, установки в оптимальное положение, измерения, контроля. К числу функций движений глаз были отнесены также построение зрительного образа и опознавание.

Сравнительный анализ исследовательских движений глаза и руки, в том числе в условиях их параллельной регистрации (Зинченко, 1956; Зинченко, Ломов, 1960) показал, что выделенные функции характерны и для движений рук. Более того, в процессе формирования образа эти

функции меняются. При построении нового образа и движения глаз, и движения рук осуществляют как бы развертку контура предмета. Однако, изоморфность контура и траектории движений оказывается относительной. Органы чувств как бы постоянно «отвлекаются» от линий контура: возвращаются в предшествующую позицию, переходят к элементам, лежащим на противоположной стороне воспринимаемого объекта и т.п.; движения органов чувств дискретны и неравномерны, а перевод взора очень часто

23

оказывается «неточным». При повторных предъявлениях того же объекта двигательные компоненты перестраиваются; сокращается время «ощупывания» и амплитуда движений, а паттерны фиксаций приобретают стабильный характер. В конце концов возникает такая ситуация, в которой для адекватного восприятия сложного, но хорошо известного объекта, достаточно одной-двух фиксаций. В отличие от осязательной, зрительная ориентировка в новой ситуации приводит к более широкому, но менее детальному ознакомлению и связана с исполнительным действием скорее косвенно. Глаз оказывается более свободным в выборе маршрута своего движения, сохраняя «привязку» к информационно значимым областям объекта. Маршруты движений глаз при решении задачи зрительного поиска представлены, на рис. 13.

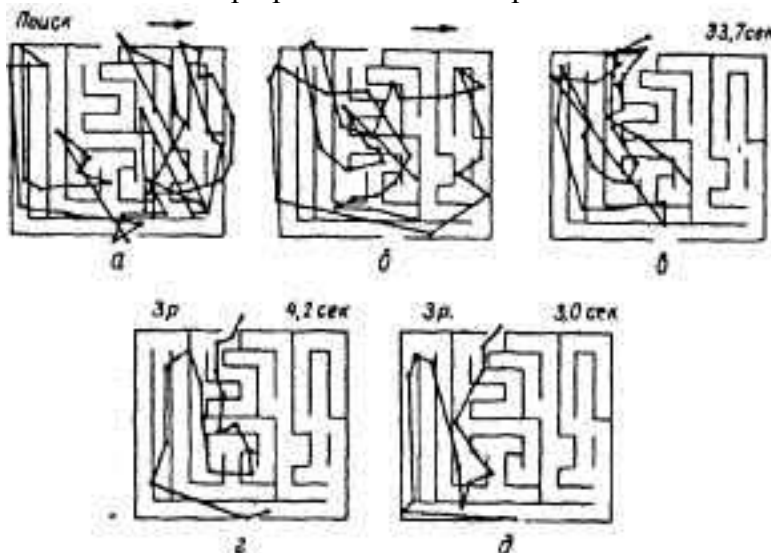


Рис. 13 Зрительный поиск и последующее зрительное прохождение лабиринта а, б, в - поиск выхода из лабиринта, г - первое прохождение лабиринта, д - второе прохождение лабиринта (Эинченко, 1967)

24

В работе В.Э.Мильмана (1962; 1964) было показано (на примере задач прохождения лабиринта), что с увеличением неопределенности выбора последующего шага в решении задачи продолжительность зрительной фиксации возрастает. Это позволяет рассматривать временные характеристики фиксаций как показатель напряженности испытуемого при решении зрительных задач.

Пожалуй, наиболее эффективно метод кинорегистрации был использован при изучении развития перцептивных действий (Зинченко, 1964; 1967; Зинченко, Ван Чжи-Цин, Тараканов, 1962). Объектом исследования служили дети четырех возрастных групп (от трех до шести лет); предметом - зрительное восприятие формы. Было обнаружено, что развитие перцептивного действия идет по линии все более адекватного (задаче и предъявляемому материалу) выделения информационного содержания объекта и совершенствования способов его обследования. Каждому возрастному «срезу» соответствуют свой временной режим и фиксационные маршруты глаз. Общая тенденция развития состоит в постепенной редукции объема движений и снижении степени изоморфности структуры воспринимаемого предмета и пространственного распределения точек фиксации. Данные, полученные в этих исследованиях, легли в основу моторной, или, вернее, праксеологической теории восприятия (Зинченко, 1964, 1967), ядро которой составляет предложенная А.Н.Леонтьевым гипотеза уподобления динамики процессов в реципирующей системе, в частности, движений глаз, свойствам внешнего воздействия (Леонтьев, 1972).

Д.Н.Завалишина (1964, 1965, 1968) использовала кинорегистрацию движений глаз при анализе структуры интеллектуальной деятельности (на материале решения оперативных задач дискретного типа - игра «5»). Согласно ее данным, интеллектуальная деятельность развертывается на двух

уровнях : перцептивном и собственно мыслительном, каждый из которых по-разному отражается в характеристиках окулomotorной активности. Этапам процесса решения интеллектуальной задачи (озна-

25

комление с проблемной ситуацией, разработка вариантов решения, формирование окончательного решения) соответствуют характерные маршруты движений глаз, разные длительности и число зрительных фиксаций.

По мнению В.Н.Пушкина (1965,1971), метод кинорегистрации является достаточно эффективным средством психологического анализа процесса решения оперативных (шахматных) задач. Он позволяет, в частности, дифференцировать проблемные участки ситуации, проследить процесс укрупнения информационных единиц оперирования материалом и выявить момент подготовки испытуемым верного решения. В этом смысле глаз выступает как «орган мышления».

Более детально анализ окулomotorной активности в ходе решения шахматных задач выполнен О.К.Тихомировым и Э.Д.Телегиной (Тихомиров, 1969; Познанская, Тихомиров, 1969; Телегина, 1970). Согласно этим авторам, маршруты зрительных фиксаций отражают смысловую структуру процесса решения задачи (рис.14), а исследовательская активность глаз необходима для установления функциональных отношений между элементами проблемной ситуации.

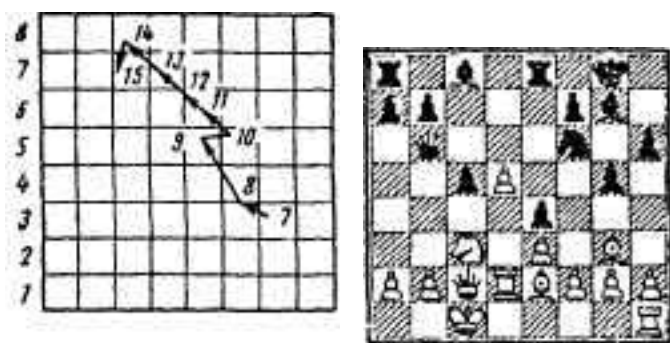


Рис 14. а - позиция на шахматной доске перед выбором 17-го хода черных, последний ход противника С д3; б - движения глаз испытуемого (Тихомиров, 1969)

26

Проведенные эксперименты позволили специфицировать зону ориентировки испытуемого в конкретной ситуации и факторы, определяющие ее объем (новая гипотеза, перенос результатов исследовательской деятельности из одной ситуации в другую и т.п.), описать тактики поиска решения, проанализировать соотношение средств и целей в процессе решения мыслительной задачи, охарактеризовать функциональное развитие механизмов зрительного поиска решения задачи. Как следует из данного цикла работ, при выполнении наглядно-действенных и/или Наглядно-образных задач глазодвигательная активность является более информативным индикатором мыслительного процесса, чем словесный отчет - один из основных методов традиционного исследования мышления.

В практическом плане метод кинорегистрации применим для решения задач оптимизации конкретных видов операторского труда, например, зрительной ориентировки летчиков в процессе полета. Согласно данным Н.Д.Заваловой и В.А.Пономаренко (в кабине самолета киносъемка глаз ведется с помощью зеркала либо светопровода) маршруты движений глаз и длительность фиксаций приборов могут служить критерием эффективности выполняемой деятельности. На основе анализа окулomotorной активности исследователи уточнили роль парафовеального зрения в контроле параметров полета; выявлены преимущества режима смешанного (ручного и автоматического) управления самолетом (Береговой, Завалова, Ломов, Пономаренко, 1978; Доброленский, Завалова, Пономаренко, Туваев, 1975; Завалова, Пономаренко, 1977; Завалова, Пономаренко, Сиволап, Юровицкий, 1966).

Таким образом, метод кинорегистрации позволяет раскрыть макроуровень организации окулomotorной активности Человека и ее наиболее общую связь с процессами познания и деятельности: функции движений глаз в познавательных процессах, соответствие маршрутов движений глаз стратегии и тактике решения задач, дифференциацию на основе глазодвигательных критериев перцептивного и интеллектуального уровней деятельности, свер-

тывание окуломоторной активности в ходе формирования перцептивных действий и др. Эти закономерности обосновывают практическую полезность метода. Вместе с тем, он мало применим для изучения собственных механизмов окуломоторной активности, анализ которых выносится за рамки исследования.

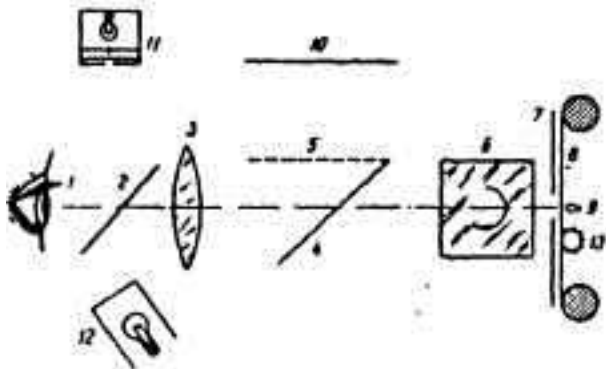


Рис 15 Схема фотосканирующего пупиллографа (Шахнович, Шахнович, 1964). 1 - глаз, 2 - полупрозрачная пластинка, через которую на глаз наносится световое раздражение от стимулятора 11; 3 - объектив, фокусирующий изображение глаза в плоскость целевой диафрагмы 7, за которой перемещается киноплёнка 8; 4 - зеркальце для наводки на резкость, которое отклоняет световые лучи, идущие от глаза к матовому экрану 10, 5 - нерабочее положение зеркальца во время записи, 6 - сканирующая призма, 13 • звездочка для протяжки пленки, вращение звездочки и призмы производится с помощью мотора и редуктора, которые на схеме не изображены; 9 - лампочка, дающая световую отметку раздражителя на перфорации пленки, 12 - фоновый софит

Существенный недостаток кинорегистрации - трудоемкость кадровой обработки пленки - в какой-то степени может быть преодолен с помощью устройства автоматического сканирования изображения зрачков на кинокадрах (Шахнович, Шахнович, 1957). Более того, киносъемка лица испытуемого может быть заменена сканирующей съемкой диаметров зрачков глаз (пупиллографией) (см. рис. 15). Фотосканирующий пупиллограф (Шахнович, Шахнович, 1964) позволяет вести регистрацию

28

движении глаз как на свету, так и в темноте (в инфракрасных лучах), хорошо сочетается с другими методами регистрации физиологических характеристик человека, дает возможность одновременно регистрировать макродвижения глаз (включая вергентные) и реакции зрачков. Сохраняя достоинства метода киносъемки в целом, пупиллография воспроизводит и часть его недостатков: низкую точность, дискретность, необходимость пересчета пространственной траектории движений и некоторые другие. Примеры пупиллографической записи движений глаз приведены на рис. 16 и рис. 12 (справа).



Рис. 16. Пупиллографическая запись движений глаз (Шахнович, Шахнович, 1964). А • саккадические движения глаз при поочередной фиксации двух точек, расположенных под углом 80 град.; изменению состояния между отдельными столбиками соответствует изменение скорости движений глаз. Б - движения глаз при чтении. В - оптокинетический нистагм. Скорость записи - 25 измерений в секунду

Определенным развитием метода кинорегистрации является телерегистрация движений глаз

(Macworth, 1967; Young, Sheena, 1975; Lambert, 1976 и др.), возможности которой продемонстрированы В.П.Смирновым (Смирнов, 1985; Мирошников, 1989).

29

ФОТООПТИЧЕСКИЙ МЕТОД

Данный метод базируется на принципе «оптических рычагов»: узкий пучок света, направленный на глазное яблоко, отражается от установленного на нем миниатюрного зеркальца и поступает на вход фоторегистрирующего устройства, например, шлейфового осциллографа или фотопластинку (рис. 17). Таким образом, перемещение глаза преобразуется в соответствующее перемещение светового луча, который может быть развернут как в пространстве, так и во времени.

Ключевым звеном данного метода является способ крепления зеркальца к главному яблоку. В распространенной методике А.Л.Ярбуса (1954, 1958, 1965) в качестве посредника используется легкая (несколько сот миллиграмм) вакуумная присоска, которая крепится либо к височной части склеры (боковая присоска), либо к ее центральной части, не касаясь роговицы (центральная присоска). Корпус присоски обычно делается из резины, дюралюминия или пластмассы и имеет внутри гофрированную поверхность, препятствующую скольжению по главному яблоку. Устойчивость присоски на глазу обеспечивается путем создания (с помощью специального баллончика) пониженного давления в камере, образованной корпусом присоски и внешней поверхностью глаза (рис. 18). Установка присосок требует предварительного анестезирования глазного яблока (1-2 /о-ным раствором днканна); предельная продолжительность ношения присоски 20-30 мин. Как показывает многолетний опыт, присоски безвредны для глаз человека и в худшем случае вызывают незначительное снижение внутриглазного давления или разрыв поверхностного кровеносного сосуда в конъюнктиве. Более

30

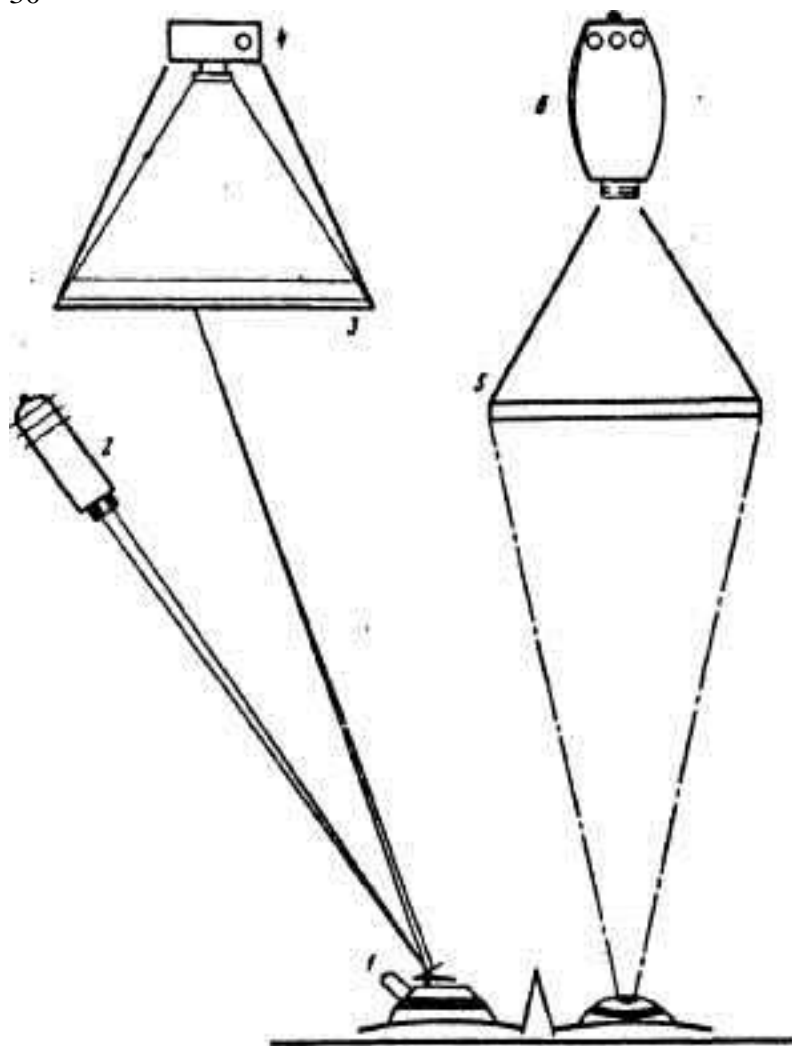


Рис. 17. Схема установки для фотооптической записи движений глаз, 1 - присоска с зеркалом, 2 - осветитель, 3 - экран регистрации, 4 - фотоаппарат, 5 - тестовый экран, 6 - проектор (Зинченко, Вергилес, 1969)

31

падающий, но менее точный режим регистрации движений глаз может быть достигнут с помощью контактных линз; их использование значительно увеличивает и длительность измерений (Ditchburn, 1973).

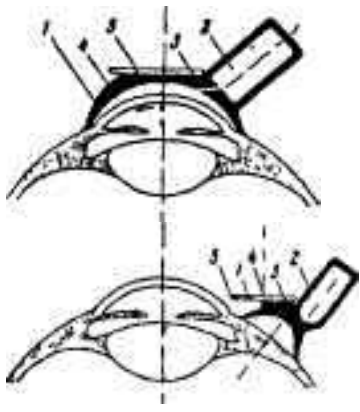


Рис. 18. Схематическое изображение боковой (Л1) и центральной (П2) присосок (Ярбус, 1965). 1 - корпус присоски, 2 - баллончик для отсоса воздуха, 3 - зеркальце

Фотооптический метод обладает наивысшей «разрешающей способностью» (до нескольких угловых секунд) и в принципе может быть использован при изучении всех известных видов окуломоторной активности. Применение различных конструкций присосок и насадок к ним позволяет существенно расширить методические возможности исследования.

Вместе с тем, данный метод требует жесткой фиксации головы испытуемого, может использоваться лишь в отношении взрослых, предполагает высокие профессиональные навыки экспериментатора и некоторую долю мужества людей, согласившихся на участие в опытах. К недостаткам метода можно отнести искажения записей при больших угловых размерах рассматриваемого объекта и/или искажения, вносимые ротационными движениями глаз. Определенные ограничения накладывают и необходимость проведения работы в затененном помещении.

Фотооптическая регистрация - сугубо лабораторный метод исследования, рассчитанный на использование очень ограниченного круга испытуемых (как правило, постоянных).

Методика фотооптической регистрации окуломоторной активности, ее модификации и особенности использования при изучении

32

процессов зрительного восприятия, внимания, представления и действия изложена в работах А.Л.Ярбуса (1965), В.П.Зинченко и Н.Ю.Вергилеса (1969) и Ю.Б.Гиппенрейтер (1978).

Фотооптический (присосочный) метод регистрации движений глаз был разработан А.Л.Ярбусом (1954,1956,1958) в середине 50-х годов и длительное время поддерживал энтузиазм исследователей зрительного восприятия. А.Л.Ярбус зарегистрировал и описал основные виды окуломоторной активности человека, исследовал особенности движений глаз при восприятии сложных объектов и в процессе чтения, показал взаимосвязь различных видов движений, зависимость паттернов фиксаций от поставленной наблюдателю задачи, характеристик воспринимаемого объекта и других условий (см. рис. 19). Особое место в этих исследованиях занимает проблема восприятия объектов, стабилизированных относительно сетчатки. Применяя оригинальные устройства, устанавливаемые на присоску, А.Л.Ярбус выявил основные особенности восприятия стабилизированных изображений в зависимости от их величины, цвета, яркости, окружающего фона. Согласно полученным данным, в процессе зрительного восприятия движения глаз выполняют служебную функцию, создавая оптимальные условия работы зрительной системы. Они необходимы для дезадаптации стимулируемых участков сетчатки (в противном случае, изображение исчезает спустя 1-3 секунды) и наиболее аффективного отражения значимых элементов среды (Ярбус, 1965).

Исследование восприятия изображений, стабилизированных относительно сетчатки, с применением фотооптического метода регистрации движений глаз получило развитие в работах Н.Ю.Вергилеса (Вергилес, 1967; Зинченко, Вергилес, 1969). Он предложил метод (поочередное освещение объекта источником света разной длины волны), позволяющий испытуемому воспринимать стабилизированные изображения сколь угодно долго. Оказалось, что в этих условиях несмотря на значительное сокращение репертуара возможных движений глаз, испытуемые способны

33

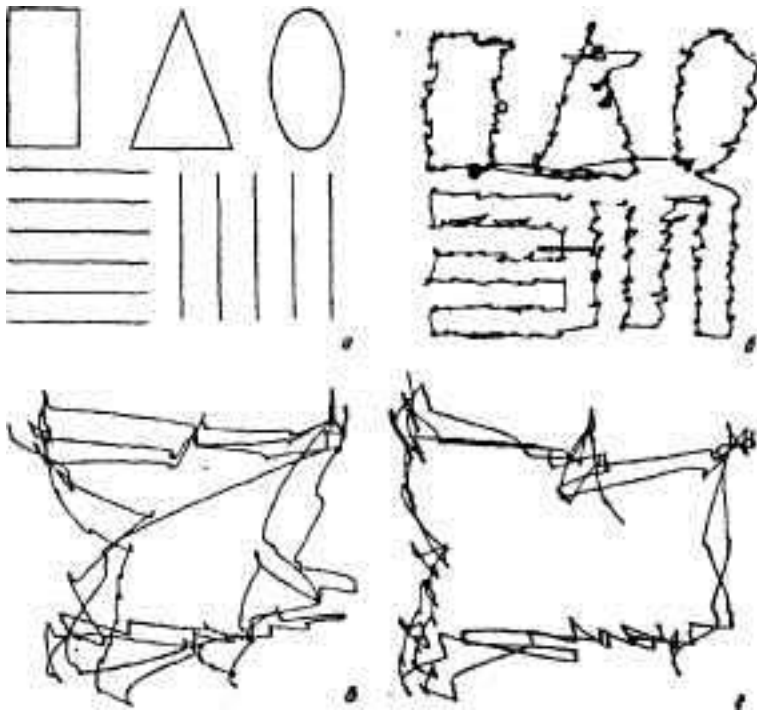


Рис. 19. Запись движений глаз при рассматривании геометрических фигур (Ярбус, 1965). а - геометрические фигуры, которые предлагались испытуемому для рассматривания; б - запись движений глаз во время которой испытуемый старался плавно, без скачков, обвести взглядом линии геометрических фигур; в - запись движений глаза при свободном (без инструкции) рассматривании фигур в течение 20 сек; г - запись движений глаза при рассматривании фигур в течение 20 сек. после инструкции «рассмотрите фигуры и сосчитайте число прямых линий» выполнять широкий круг заданий (ознакомление с объектом, поиск, пересчет штрихов, мысленное прохождение лабиринта и др.) и имеют полное впечатление перемещения собственных глаз (взора) по объекту. Задачи не решались лишь тогда, когда испытуемые получали инструкцию, запрещающую двигать гла-

34
зами. Эти данные позволили В.П.Зинченко и Н.Ю.Вергилесу выдвинуть гипотезу о функциональном фовеа, смещение которого относительно сетчатки меняет состояние ее рецептивных полей. В развитие праксеологической трактовки восприятия было высказано предположение, что при стабилизации изображения объектов относительно сетчатки, а в обычных условиях - при опознании объектов, процесс восприятия обеспечивается викарными (замещающими) перцептивными действиями (Зин-ченко, Вергилес, 1969).

Соответствие параметров макродвижений глаз свойствам воспринимаемого объекта и поставленной испытуемому задаче изучалось Ю.Б.Гиппенрейтер (1964). Было показано, что эффективность выполнения зрительных задач зависит от плотности однородных элементов поля зрения и ограничено двигательными шумами глаз. Несмотря на морфологическую неоднородность сетчатки, вызывающую необходимость фиксационных установок глаз, орган зрения представляет собой многоканальный вход, обеспечивающий одновременный прием информации из разных участков поля зрения. Поэтому одноактное осуществление зрительных функций связано не столько с узкой областью fovea centralis, сколько с зоной оперативного поля зрения, размеры которой являются функцией многих переменных: задачи, колебаний внимания, пространственных свойств объекта. На основании этих и других исследований (Гиппенрейтер, Седакова, 1970; Бороздина, Гиппенрейтер, 1969), выполненных с помощью фотооптического метода, Ю.Б.Гиппенрейтер пришла к заключению, что роль движений глаз состоит не в том, чтобы снабжать более высокие инстанции зрительной системы проприоцептивной или иннервационной импульсацией, а в обеспечении направленных изменений оптической стимуляции.

Особенно интересным представляется цикл работ Ю.Б.Гиппенрейтер и ее сотрудников, направленный на изучение тонической формы окуломоторной активности, т.е. собственно фиксаций. При помощи специально разработанной методики детально исследовался фиксационный оптокинетический

нистагм (ФОКН), возникающий во время фиксации неподвижного объекта на фоне движущихся черно-белых полос. Оказалось, что параметры ФОКНа (частота, амплитуда) чувствительны к внутренним формам зрительной активности (рис. 20) и могут быть использованы как индикатор зрительной «загрузки» наблюдателя и единиц выполняемого действия (Гиппенрейтер, 1978; Гиппенрейтер, Романов, 1970, 1990; Гиппенрейтер, Романов, Самсонов, 1975; Конькова, 1973; Фейгенберг, 1986 и др.). Сходные отношения демонстрирует гальванический микронистагм, вызываемый гальванической стимуляцией вестибулярной системы (Дормашев, Романов, 1983; 1989). Выявленная зависимость прослеживающих движений глаз (динамической фиксации) от характера решаемой задачи (Гиппенрейтер, Смирнов, 1971; Романов, 1973; Смирнов, 1973, 1985) позволяет специфицировать уровни построения (Бернштейн, 1990) окулomotorной активности. Направленные исследования механизмов микродвижений глаз, выполненные с помощью фотооптического метода, показывают, что соотношение параметров дрейфа и микросак-кады широко варьирует, определяя тип зрительной фиксации (Проскурякова, Шахнович, 1968; Шахнович, 1974). В отличие от неуправляемого дрейфа, микросаккады контролируются центральными структурами и обеспечивают необходимую для адекватного восприятия дискретность поступления оптической стимуляции (Филин, Сидоров, 1972; Филин, 1975). При регистрации движений глаз оператора в процессе ручного слежения за зрительной целью получены данные, позволяющие дифференцировать (по характеристикам окулomotorной активности) «тактики» ручных действий в разных режимах, описать микроэтапы деятельности в рамках одного и того же режима, а также развить представления о строении и функциях оперативного поля зрения человека (Буякас, 1973, 1975; Буякас, Гиппенрейтер, 1973; Любимов, 1973).

36

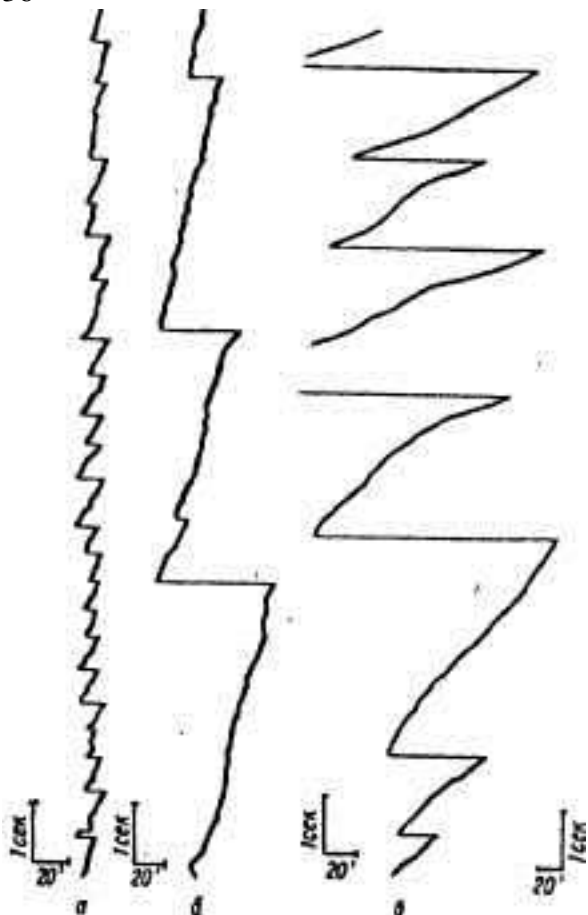


Рис. 20. Фиксационный оптокинетический нистагм при настройке внимания на квадраты различной площади: а - квадрат 50 угл. мин.; б - квадрат 4 угл. град.; в - квадрат 8 угл. град. Разрывы на записях в связаны с выходом луча за пределы регистрирующего устройства (Романов, 1973)

Таким образом, в отличие от киносъемки, фотооптический метод позволяет раскрыть микроорганизацию окулomotorной активности и более тонкие опосредствованные связи движе-

37

ний глаз с процессами познания и деятельности. Смысловой акцент исследований смещается в сторону миниатюрных форм окулomotorной активности, которые сопровождают зрительную фиксацию (динамика ФОКНа), восприятие изображений, стабилизированных относительно сетчатки (викарные перцептивные действия) или зрительно-двигательные координации (сопряженные движения глаза и руки). Соответственно меняются и регистрируемые характеристики движений, в число которых включаются амплитуда, направление, скорость дрейфа; амплитуда, скорость и ускорение микросаккад; амплитуда и частота физиологического нистагма и ФОКНа и некоторые другие; при этом, конечно, сохраняется возможность детального анализа макродвижений глаз. Речь идет о глазодвигательных механизмах стабилизации (а не перемещения) взора и структуре его зрительно-окулomotorных отношений. В этой связи приоритетное значение приобретают натуральные функции движений глаз: обеспечение дезадаптации сетчатки, переключения рецептивных полей, направленного изменения или дискретизации оптической стимуляции. Существенно (и априори неочевидно) что миниатюрные формы окулomotorной активности не остаются безразличными к характеристикам познавательных процессов (например, к величине оперативного поля зрения или информационной нагрузке взора) и структурным единицам деятельности. Сфера объективных индикаторов этих процессов значительно расширяется.

Наконец, фотооптический метод демонстрирует высокую эффективность в клинических исследованиях (Лурия, Праэ-дина-Винарская, Ярбус, 1961; Лурия, Карпов, Ярбус, 1965; Карпов, 1975; Карпов, Карпова, 1978; Корчажинская, Попова, 1977; Кузьмина, 1980). Они показывают, что движения глаз душевнобольных несут полезную информацию для диагностики психопатологических синдромов и дают дополнительные сведения о патогенезе психозов (рис. 21).

38

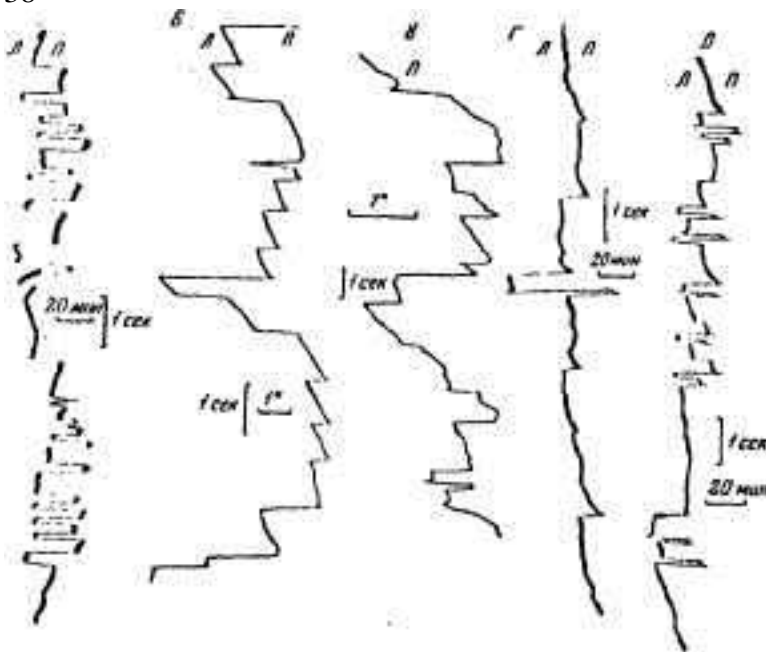


Рис. 21. Запись горизонтальной составляющей движений глаз в процессе фиксации взором неподвижной цели (Карпов, Карпова, 1975). А - «скачковый» тип патологии фиксации при двустороннем травматическом повреждении лобных долей; Б, В и Г - «дрейфовый» тип патологии фиксации (Б и В -случаи внутримозговых опухолей левой лобной доли, Г -случай локального кистозно-слипчивого арахноидита лобных отделов, особенно справа); Д - «скачковый» тип патологии фиксации при выраженной оптической агнозии (двустороннее нарушение мозгового кровообращения в бассейне задних мозговых артерий)

Являясь эталонными в плане точности и диапазона выполняемых измерений движений глаз, рассмотренный метод довольно трудоемок и не приспособлен для оперативной обработки и представления получаемых в эксперименте данных. По-видимому, перспектива его развития во многом будет зависеть от применения устройств Преобразования оптического выходного сигнала в электрический и использования на линии эксперимента современных ЭВМ.

39

ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ МЕТОД

Основу метода составляет возможность преобразования отраженного от внешней поверхности глаза направленного пучка света (как правило, инфракрасного диапазона) в электрический сигнал. Обычно на фотоэлектрический датчик проецируется изображение переднего участка глаза, имеющего резкий перепад отражающей способности (например, край зрачка, лимб роговицы). При перемещении глаз меняется количество отраженного света и соответственно величина фототока или фотосопротивления. Усилив выходной сигнал, можно получить запись глазодвигательной активности на ленте самописца или иного регистратора данных.

Хотя конкретные способы описанного преобразования весьма разнообразны (Ярбус, 1965; Смирнов, 1984; Young, Sheena, 1975), все они обеспечивают, как правило, невысокую точность (около 1 угл. град.), чувствительны к перепадам освещенности тестового объекта, ярким источникам света в помещении, слезоотделению и предполагают жесткую фиксацию головы. Главное достоинство метода - бесконтактность и возможность вести длительные измерения окулomotorной активности. Метод предназначен для лабораторных и клинических исследований. Подробное описание аппаратуры, техники регистрации, процедуры и условий проведения исследований даны в работах А.Д.Владимирова (1972) и В.П.Смирнова (1984, 1985).

В методике А.Д.Владимирова (Владимиров, Хомская, 1961; Владимирова, 1972) изображение глаза при помощи оптической системы проецировалось на матовый экран, за которым помещались два горизонтально расположенные фоторегистратора, чувстви-

40
тельные к инфракрасному свету. При фиксации точки, расположенной на уровне глаз прямо перед испытуемым изображение устанавливалось симметрично относительно фоторезисторов; горизонтальные же движения вызывали его перемещение, меняя освещенность фоторезисторов. Последние были включены в схему, выходное напряжение которой изменялось прямо пропорционально углу поворота глаз (рис. 22). «Разрешающая способность» метода - 1-2 угл.град., диапазон линейности - плюс-минус 18 угл.град.

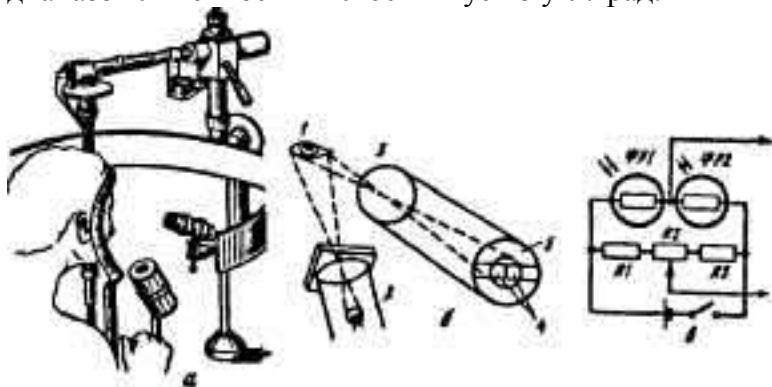


Рис. 22. Установка для фотоэлектрической регистрации движений глаз (Владимиров, 1972): а - общий вид; б - ход лучей в установке; 1 - глаз; 2 - осветитель с инфракрасным фильтром; 3 - объектив; 4 - фоторезисторы; 5 - матовое стекло с изображением радужки глаза; в - электрическая схема включения фоторезисторов (ФР1, ФР2)

Для одновременной регистрации горизонтальной и вертикальной составляющих окулomotorной активности А.Д. Владимирова (Владимиров, Хомская, 1962; Владимирова, 1972) разработал методику, в которой в качестве индикатора движений использовался роговичный блик*. Вследствие того, что центр вращения

* Регистрация движений глаз на основе смещения роговичного блика. Нередко выделяется в качестве самостоятельного метода (Долбищева, 1961; Смирнов, 1985 и др.).

41

глаза и центр кривизны роговицы не совпадают, угол, под которым отражается неподвижный источник света на роговице во время движения глаза, изменяется. Смещение блика, таким образом, дает информацию о перемещении глаз. В сконструированной установке отраженный от роговицы блик проецировался в центр круглого матового экрана, разделенного на четыре сектора, за каждым из которых располагался фотоэлектронный умножитель. Перемещение изображения блика меняло распределение количества света, попадающего на катоды отдельных фотоэлектрических умножителей, и вызывало соответствующие изменения луча на экране электроннолучевой трубки. Платой за двухкоординатную запись движений глаз является сужение диапазона линейности измерений более чем в двое (плюс-минус 5-7 угл.град.). Типичные записи

движений глаз при прослеживании контура фигуры и чтении приведена на рис. 23.

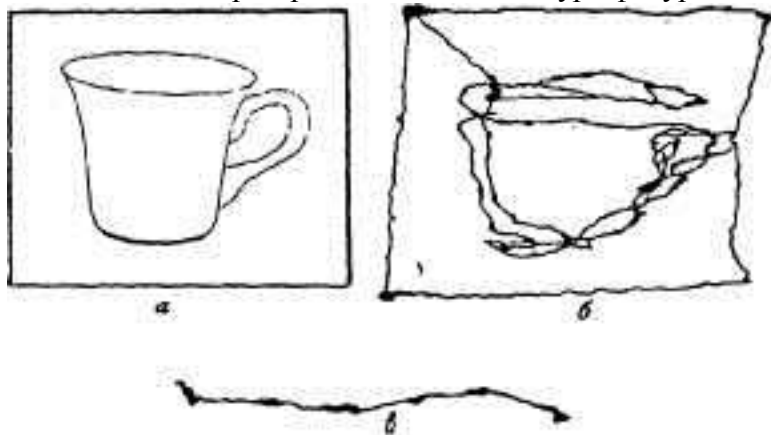


Рис. 23. Фотоэлектрическая запись движений глаз при рассматривании контура фигуры (б) и чтении слова «путешествие» (в) (Владимиров, 1972)

42

Фотоэлектрический метод разрабатывался параллельно с другими методами регистрации движений глаз (Шахнович, 1960; Владимиров, Хомская, 1961; Шахнович, Шахнович, 1964; Ананьин, 1965) и наибольшее применение получил в сравнительных исследованиях окулomotorной активности у здоровых испытуемых и больных с локальными поражениями мозга. Особый интерес здесь представляет изучение процессов предна-стрйки (экстраполяции) в глазодвигательной системе. Опираясь на большой объем экспериментальных данных А.Д.Владимиров и Е.Д.Хомская (Владимиров, 1970; Хомская, 1973; Владимиров, Хомская, 1981) выделили две формы экстраполяции: пространственную (экстраполяция траектории движения объекта*) и временную (экстраполяция момента появления цели), раскрыли условия их проявления и связь с различными отделами мозга. Полученный нейропсихологический материал указывает на сложный характер соотношения параметров движений глаз и процесса восприятия: далеко не все виды зрительных агнозий непосредственно связаны с нарушениями окулomotorной активности и наоборот.

Сравнительно простой способ фотоэлектрической регистрации предложил Л.Митрани (Митрани, 1973; Якимов, 1973; Козлов, Подлеснова, 1992). Глаз освещался расщепленным пучком инфракрасного или темно-красного света, который, отражаясь, попадал на поверхность фотодиодов, установленных на очковой оправе. Движения глаз вызывали изменение освещенности фотодиодов (они были связаны «в мост») и, соответственно, изменение напряжения выходного электрического сигнала. Точность измерения «30', диапазон линейности - 10-12 угл.град. Недостатками метода являются: сложность и длительность настройки устройства регистрации, ограниченность поля зрения очковой оправой и конструктивными элементами устройства, возможность регистрации преимущественно одной составляющей движений глаз. Как показали исследования Л.Митрани и его коллег, данный метод достаточно продуктивен при изучении параметров саккадических движений глаз и процесса зрения во

43

время саккад. Он позволяет, в частности, изучать феномены саккадического и парасаккадического подавления, маскировки, смазывания и др.; цикл исследований' выполненных с помощью данного метода, расширил представления о механизмах стабильности зрительного восприятия чело&k&- В принципе фотоэлектрический метод позволяет регистрировать и микродвижения глаз с амплитудой до 1 угл. мин. (Глезер, Загорулько, 1956). Пользуясь «т©й методикой В.Д.Глезер (1959) обнаружил «зону нечувствительности сетчатки», величина (4-6 угл. мин.) которой определяет точность поддержания фиксации. Регистрация роговничного блика как индикатора позиции и перемещения глаз использована В.П.Смирновым (Смирнов, 1984,1985; Мирошников. 1989). В качестве* преобразователя оптического сигнала в электрический применялась стандартная телевизионная передакнй311 камера (фокусированное изображение роговничного блика передавалось приемнику по гибкому стекловолоконному жгуту). Учет полученных закономерностей смещения роговничного блика*а процессе поворота глаз позволил автору увеличить точность регистрации окулomotorной активности (до 40') и расширить диапазон ее линейности (до плюс-минус 26-30 угл.град.), а применение ЭВМ на линии эксперимента - автоматизировать регистрацию и обработку данных о макродвижениях глаз и головы испытуемого. Описанный

метод позволяет изучать деятельность операторов-наблюдателей оптических приборов и оценивать качество изображений, может быть полезным при офтальмологических измерениях, а также при разработке биотехнических систем управления. Его недостатки - высокая себестоимость исследовательского комплекса, необходимость жесткой фиксации головы или регистрации ее перемещений, а также невозможность вести записи движений закрытых глаз.

Фотоэлектрический способ нашел применение и в комбинированных системах регистрации и измерения окулomotorной активности типа НАС. Использование кино- или видеосъемки (миниатюрная камера устанавливается на голове испытуемого)

44

позволяет как бы накладывать изображение позиции глаз на изображение воспринимаемого предмета. Эта процедура дает возможность вести исследования независимо от смещений наблюдателя и существенно облегчает анализ окулomotorной активности. Погрешность регистрации плюс-минус 1,5 угл.град., рабочий угол - 30 угл.град. Закономерности организации деятельности оператора-технолога, выявленные данным методом, подробно рассмотрены в работе А.И.Галактионова (1978). В качестве показателей эффективности деятельности он использовал маршруты движений глаз, частоту и длительность фиксаций оператором контролируемых приборов.

Принцип фотоэлектрической регистрации эффективен при изучении торзионных движений глаз (Левашов, Дмитриев, 1981; Белопольский, Вергилес, 1990). В методике, предложенной В.И.Белопольским и Н.Ю.Вергилесом, на глазное яблоко с помощью центральной присоски устанавливались поляроиды, соединенные с фотоэлектрическими датчиками. При засветке глаза равномерным потоком поляризованного света его ротация вызывала изменение интенсивности светового потока, которое улавливалось фотоэлементами, преобразовывалось в соответствующий электрический сигнал, усиливалось и подавалось на вход регистратора данных. Установка имеет небольшие габариты, причем измерительное устройство укрепляется с помощью специального шлема на голове испытуемого. Точность регистрации - не менее плюс-минус 10 угл.град. в диапазоне - плюс-минус 30 угл.град. Описанная методика позволила авторам провести записи ротационных движений глаз в процессе выполнения испытуемым различных задач.

Таким образом, фотоэлектрический способ регистрации окулomotorной активности представляет своего рода гибрид, сочетающий свойства кинорегистрации и фотооптического метода. Он обеспечивает монокулярное измерение как статических (длительность, последовательность и частоту фиксаций), так и динамических (скорость, ускорение, частоту колебаний) параметров преимущественно макродвижений глаз (чаще всего их

45

горизонтальную составляющую). Метод полезен при анализе механизмов управления движениями глаз, зрительных эффектов, сопровождающих окулomotorную активность, и особенностей деятельности операторов-наблюдателей. Несмотря на большое разнообразие конкретных форм реализации, в исследованиях познавательных процессов и деятельности фотоэлектрическая регистрация движений глаз не получила широкого распространения.

Перспектива фотоэлектрического метода регистрации движений глаз зависит от использования разработчиками современной элементной базы (стекловолоконная оптика, миникамеры и др.), автоматизации процедуры калибровки и подключения к линии эксперимента компьютерных систем. Это позволит не только существенно повысить точность и расширить диапазон выполняемых измерений движений глаз, но и сделать процедуру регистрации более простой, надежной и удобной.

46

ЭЛЕКТРООКУЛОГРАФИЯ

В основе этого метода лежит использование собственных электрических свойств глазного яблока. По своей физической природе оно является диполем, в котором роговица относительно сетчатки электроположительна. Электрическая ось глазного яблока примерно совпадает с оптической осью и, следовательно, может служить индикатором направления взора.

Изменение разности потенциалов между роговицей и сетчаткой (корнео-ретиальный потенциал), сопровождающее перемещение глаз, обнаруживается через изменение потенциала в тканях, прилегающих к глазнице (рис. 24).

Движения глаз регистрируются с помощью электродов, которые устанавливаются крестообразно вокруг глазной впадины. Электроды, расположенные около височного и носового угла глазной

щели, регистрируют горизонтальную составляющую; электроды, расположенные около верхнего и нижнего края глазной впадины - вертикальную составляющую движений глаз. Когда глаз находится в «позиции покоя», электроды расположены примерно одинаково как от положительного роговического полюса, так и от отрицательного. При повороте глаза один из электродов оказывается ближе к переднему положительному полюсу, а другой - к заднему; соответственно, первый электрод становится электроположительным, а второй - электроотрицательным. Знак потенциала отражает направление, величина изменения разности потенциалов - угол поворота глаз; при этом величина изменения корнео-ретиального потенциала и угол поворота глаз связаны прямо пропорциональной (линейной)

47

зависимостью (Лурье, 1965). Согласно имеющимся данным, линейность сохраняется в диапазоне плюс-минус 20 угл.град., причем существует некоторое рассогласование между значениями вертикальной и горизонтальной составляющих.

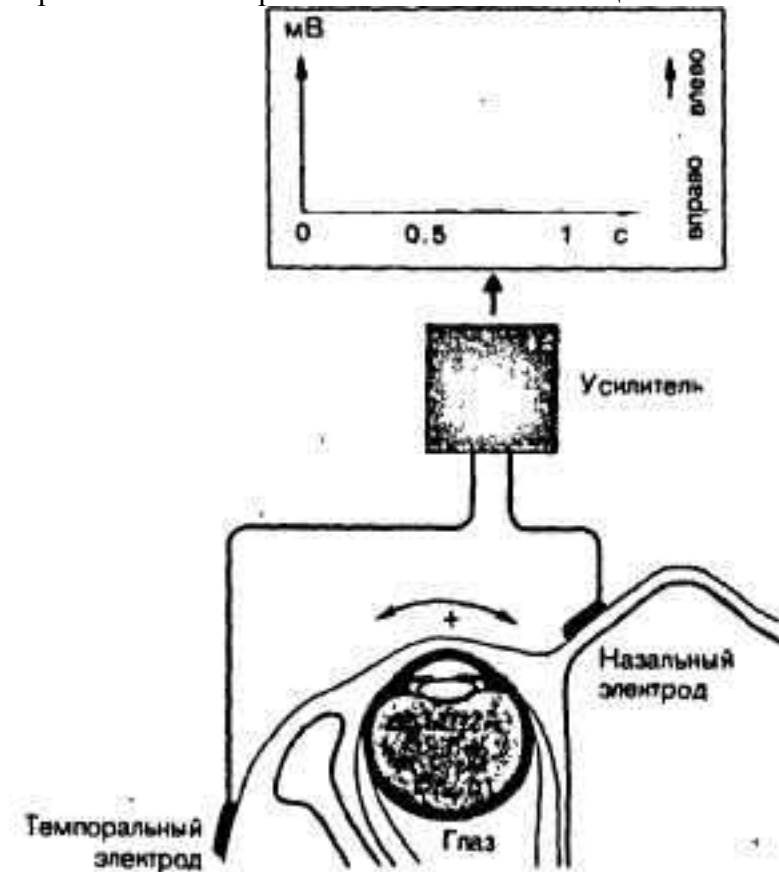


Рис. 24. Принципиальная схема метода электроокулографии и электроокулограмма оптокинетического нистагма (Грюссер, Грюссер-Корнельс, 1984)

48

Электрический сигнал, возникающий в ходе поворота глаз, может быть усилен с помощью усилителей переменного или постоянного тока. Первые целесообразны при изучении скорости саккадических движений, вторые - при изучении паттернов глазодвигательных фиксаций, или маршрутов осмотра объектов. Обычно усиленный (и преобразованный) сигнал выводится либо на экран осциллоскопа (дисплея), либо на ленту самопишущего регистрирующего устройства (в том числе и на двухкоординатный самописец).

Точность электроокулографии во многом зависит от времени регистрации. Чем дольше длится измерение, тем больше смещения нуля, связанные с использованием усилителей постоянного тока и наличием внешних биоэлектрических или фотоэлектрических влияний. При записях отдельных скачков глаз точность регистрации колеблется в пределах 1-1,5 угл.град. Непрерывное время разового измерения - 5-7с; каждое последующее измерение предполагает корректировку дрейфа нуля. Как показывает практика, электроокулография аффективна при изучении маршрутов обзора объектов, имеющих большие угловые размеры (15-20 угл.град.); точность дифференцировок мелких деталей - 3-5 угл.град. (Митькин, 1974). Существенными факторами, влияющими на точность измерений, являются анатомия лица и индивидуальные особенности окулomotorного аппарата, время адаптации к условиям проведения эксперимента, плохой контакт электродов с

поверхностью кожи, общее состояние человека (например, повышенная возбудимость), повышенное потоотделение, частота моргания и другие. Необходимо отметить, однако, что совершенствование усилительной техники, разработка соответствующих способов выделения биоэлектрического сигнала из шума, применение аналоговых и дискретных преобразований биоэлектрических процессов на линии эксперимента позволяет преодолевать отрицательное влияние внешних факторов регистрации, повышать точность и надежность выполняемых измерений (Владимиров, 1972; Назаров, Романюта, 1972).

49

Несмотря на сравнительно невысокую точность, электро-ркуллография обладает рядом существенных преимуществ: она не требует прикосновений к главному яблоку, допускает незначительные движения головы, проводится как на свету, так и в темноте, может осуществляться дистанционно. Главное состоит в том, что она не нарушает естественных условий зрительной активности и в принципе может продолжаться неограниченное время; этим определяется полезность использования электроокулографии как в лабораторном, так и в естественном эксперименте, например, в кабине самолета или на рабочем месте оператора АЭС.

Методики электроокулографического исследования, техника регистрации движений глаз и соответствующая аппаратура подробно описаны в работах А.А.Митькина (1970; 1974), А.Д.Владимирова (1972), А.И.Назарова и В.Г.Романюты (1972).

Разработка метода электроокулографии началась в 30-40-х годах в США и в странах Западной Европы. С середины 50-х годов он получил распространение в России (Леушина, 1955, 1958; Загоруйко, 1959).

Используя электроокулографию, Л.И.Леушина (1955,1958) обнаружила связь амплитуды и латентного периода саккад со зрительной оценкой расстояния и дифференцированием форм. Систематический экспериментальный анализ этой связи позволил заключить, что в процессе восприятия движения глаз выполняют установочную, а не измерительную или построительную функцию (Леушина, 1965, 1966).

Б.Х.Гуревич исследовал особенности саккадических движений глаз в условиях зрительного восприятия объектов и в темноте (Гуревич, 1961, 1971). Он показал, что независимо от характера оптической афферентации фиксационные повороты глаз подчинены заданной цели, причем процесс целевого регулирования имеет иерархическую (двухуровневую) структуру. На основании полученных данных автор предложил принципы построения новой модели пространственного зре-

50
ния. Типичная электроокулограмма фиксационных поворотов глаз приведена на рис. 25.

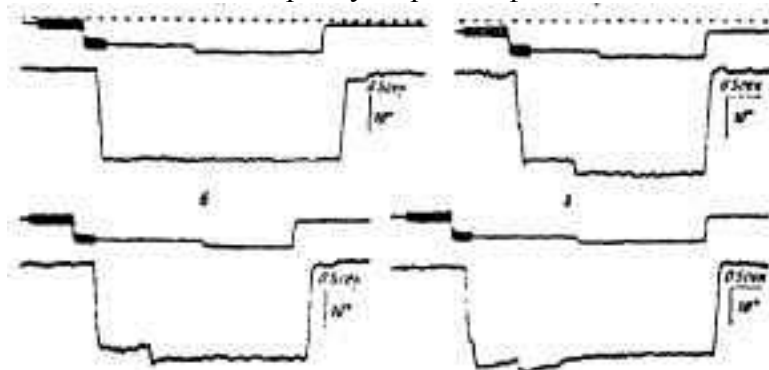


Рис. 25. Электроокулограмма целенаправленных фиксационных поворотов глаз в полной темноте (Гуревич, 1971): а - поворот одним скачком, б - двумя скачками, в - тремя скачками, г - четырьмя скачками

Метод электроокулографии был положен Ю.Б.Гиппенрейт (1964) в основу исследования временных характеристик процессов обнаружения и идентификации объекта в зрительном поле. Эти исследования выявили связь латентного периода саккады с ее направлением, а также зависимость продолжительности фиксационной саккады от эксцентриситета вновь появляющегося объекта.

Маршруты движений глаз при выполнении различных классов познавательных задач изучались Р.Н.Лурье (1963, 1965), А.Д.Владимировым (1965), Э.С.Бобровой и Е.Д.Хомской (1968), А.И.Подольским (1978) и др.

Обоснованию методов электроокулографии в инженерно-психологических исследованиях посвящена монография А.А.Митькина (1974). В этой же работе показано влияние направленности

саккад на утомляемость глазодвигательного аппарата, особенности биомеханики глаз при изменении

51

маршрута движения взора, а также влияние формы панели информации на процесс зрительного поиска сигнала. Согласно Ю.Я.Голикову и А.Н.Костину (1991), анализ межсакка-дических интервалов (длительностей фиксации) позволяет специфицировать структурные единицы операторской деятельности. Динамика длительности фиксации в зависимости от типа задачи и структуры информационного поля оператора прослежена в исследовании Л.Д.Чайновой-Воскресенской, С.Т.Сосновской и А.С.Афанасьева (1973).

Большой объем исследований движений глаз в норме и патологии (в частности, при офтальмоплегии) выполнен А.Р.Шах-новичем (1964, 1965, 1974). По его мнению, собранный материал позволяет дифференцировать два механизма управления движениями: один связан с формированием и реализацией жестких программ, которые не корректируются в ходе поворота (саккады), другой - с функционированием непрерывной зрительной обратной связи, корректирующей выполняемое движение (дрейф, прослеживающие движения). В этих исследованиях электроокулография сочеталась с использованием глазных присосок и регистрацией электрической активности глазных мышц. Особый интерес представляет анализ механизмов экстраполяции в управлении следящими движениями глаз и их связи с высшими корковыми функциями (Шахнович, 1974; Шахнович, Джанелидзе, Инаури, 1965).

Применяя электронистагмографию - одну из разновидностей электроокулографии, Н.С.Благовещенская (1968) исследовала параметры различных видов нистагма у здоровых людей и больных с поражениями отдельных видов областей мозга. Эта работа позволяет конкретизировать физиологические механизмы управления движениями глаза и связи ГДС со зрительной и вестибулярной системами. Результаты направленного изучения вестибуло-окуломоторных взаимодействий, а также представления о роли вестибулярной системы в формировании зрительного образа пространства, описаны А.Е.Курашвили и В.И.Бабняком (1974).

52

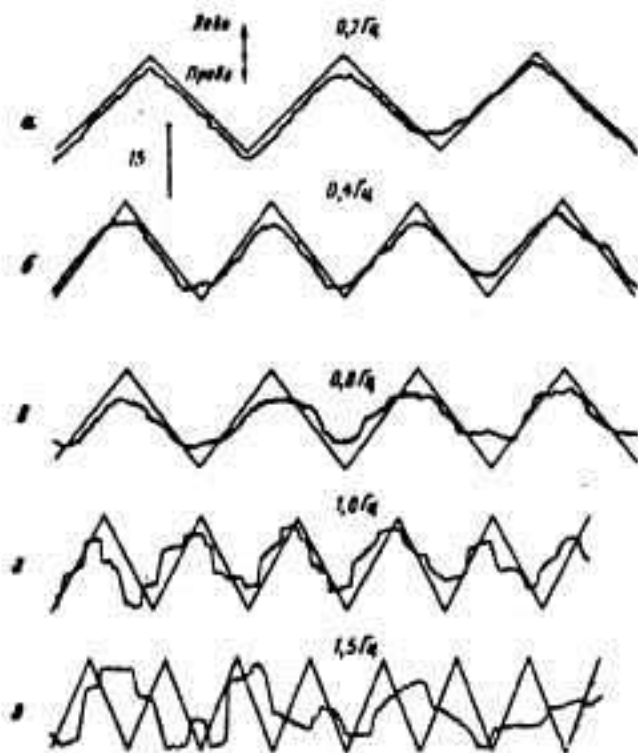


Рис. 26. Окулограммы прослеживающих движений глаз при различных частотах следования цели (Курашвили, Бабяк, 1975): а - отсутствие маленьких разнонаправленных скачков; б - отсутствие корректирующих скачков в сторону движения цели; в - компенсаторное снижение амплитуды движений глаз; г - нарушение плавности слежения; д - полная декомпенсация слежения

Анализ движений глаз в процессе формирования перцептивных действий выполнен А.И.Подольским (Лернер, Подольский, 1974; Подольский, 1978). Он показал, что в основе simultанного (одномоментного) опознания лежит successивно развернутое зрительное действие;

выявлены закономерности становления симультанного опознания и условия планомерного перехода от сукцессивного восприятия к симультанному.

53

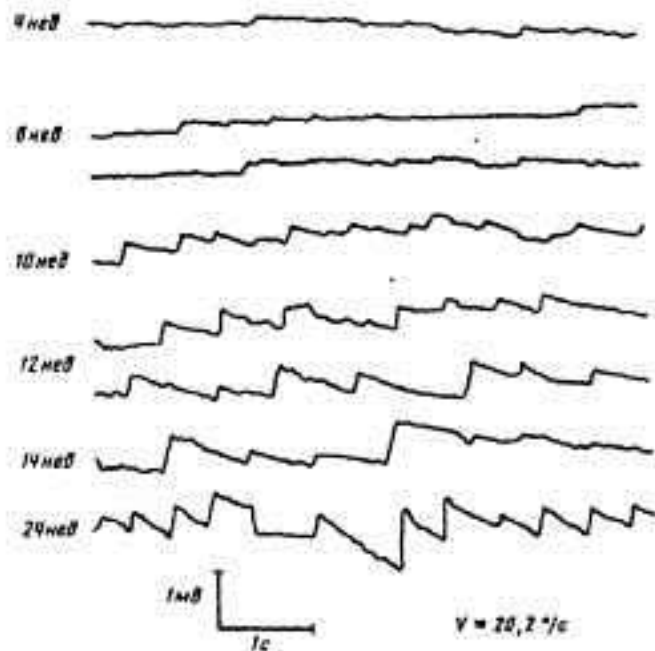


Рис. 27. Типичные глазодвигательные реакции младенцев различного возраста на оптокинетическую стимуляцию (Митькин, 1988)

Достаточно эффективно метод электроокулографии применяется при изучении раннего (начиная с двухнедельного возраста) онтогенеза зрительных функций человека (см. рис. 27). Он позволяет проследить становление окуломоторной системы в онтогенезе, роль в этом процессе перемещения объектов и их антиципации (Сергиенко, 1992), особенности развития функциональной структуры поля зрения (Митькин, Сергиенко, Ямщиков, 1978), бинокулярного восприятия (Козлова, 1978), закономерности зрительно-вестибулярных взаимодействии у младенцев (Митькин, 1988). Результаты этих исследований показывают, что в раннем онтогенезе зрительные функции проходят два этапа. На первом (от рождения до 6 недель) - реализуются генетически

54

заданные формы зрительной и окуломоторной активности, которые обеспечивают глобально-адекватную оценку пространственных свойств и отношений среды; она осуществляется на субкортикальном уровне ЦНС. На втором этапе (начиная с 3-4 месяцев) зрительные функции подстраиваются к условиям жизнедеятельности, а генетические программы «обрастают» вновь формируемыми связями; подключение кортикальных уровней обеспечивает детальную оценку зрительно воспринимаемой среды. Стратегии поиска заданного элемента у детей младшего, среднего и старшего дошкольного возраста исследована Л.А.Венгером (1969).

Возможность последующего преобразования биоэлектрического сигнала о движении глаз является одним из условий проведения управляемого эксперимента - такого, в котором его ход определяется не только заданной программой предъявления стимульного материала и регистрации ответов, но и состоянием испытуемого (в частности состоянием его окуломоторного аппарата) в текущий момент времени. Способ экспозиции теста в зависимости от положения глаз наблюдателя, описан в работах А.И.Назарова (Назаров, Романюта, 1972; Логвиненко, Назаров, Мещеряков, 1979). Разработанная им методика позволила специфицировать закономерности зрительного восприятия до, во время и после выполнения саккады и сформулировать представления о природе эфферентных регуляций в зрительной системе (Назаров, Гордеева, Романюта, 1972; Гордеева, Назаров, Романюта, Яровинский, 1972). Подключение преобразованного биоэлектрического (окуломоторного) сигнала к устройству формирования стимульного изображения на экране телевизора делает возможным трансформацию зрительной обратной связи глазодвигательной системы и изучение ее свойств.

Наконец, отметим сравнительно легкую сочетаемость электроокулографии с другими методами и экспериментальными процедурами. В частности, в исследованиях В.М.Гордон (Зинченко, Вдовина, Гордон, 1975; Гордон, 1976) наряду с движениями глаз регистрировались энцефалограмма затылочной области с

выделением альфа-ритма, электромиограмма мышц нижней губы, речевые ответы испытуемого. Комплексная регистрация динамики различных параметров индивида (полиграфия) позволяет раскрыть тонкие механизмы функциональной структуры решения комбинаторных задач, в частности, соотношение внешних и внутренних (викарных) перцептивных действий.

В отличие от фотоэлектрического метода электроокулография относится к категории самых распространенных средств исследования глазодвигательной активности человека в процессах познания и деятельности. Благодаря относительной простоте, удобству для испытуемого и невысокой стоимости оборудования она имеет широкую сферу применения, которая включает ранний онтогенез перцептивных функций, нарушение гнозиса и моторики у больных с поражением центральной нервной системы и деятельность операторов АСУ. Данный метод позволяет измерять все основные параметры окуломоторной макроактивности, но не очень приспособлен для оценки точной координатной «привязки» глаза к позиции элементов зрительного поля и анализа торзионных движений. Регуляция саккадических и плавных прослеживающих движений глаз, взаимосвязь зрительного восприятия пространства и окуломоторной активности наблюдателя, структура зрительного поля, становление зрительных функций и действий, динамика обнаружения и идентификации объектов, вестибуло-окуломоторные отношения, аффекты саккадического и парасаккадического подавления, структура и динамика решения наглядно-действенных задач - основные предметные области, допускающие активное использование методов электроокулографии.

56

ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЙ МЕТОД

В основу метода положен принцип изменения напряженности электромагнитного поля при изменении расстояния между излучателем и приемником. Излучатель крепится на глазном яблоке (с помощью центральной присоски, контактной линзы или кольца), создавая переменное электромагнитное поле у приемных катушек, установленных неподвижно относительно головы. Сигнал, вызываемый перемещением излучателя, усиливается и передается на регистрирующее устройство (осциллограф, координатный самописец, регистратор данных и др.). Таким образом, любой поворот глаз преобразуется в эквивалентное напряжение в приемных катушках, становясь доступным для тонкого измерения, магнитной фиксации и преобразований.

Возможен и обратный вариант: приемная катушка индуктивности крепится к глазу, а горизонтальные и вертикальные пары излучающих катушек создают вокруг глазного яблока переменное магнитное поле. Ось приемной катушки совпадает со зрительной осью глаза, а магнитное поле ее ориентировано так, чтобы в «позиции покоя» электродвижущая сила (ЭДС), наводимая от излучающих катушек, равнялась нулю. При изменении направления взора в приемной катушке наводится ЭДС, величина и фаза которых связаны с углом поворота глаз.

В методике Н.Ю.Вергилеса (Зинченко, Вергилес, 1969) в качестве излучателя используется катушка диаметром 6 мм, состоящая из 5 витков тонкого провода; катушка крепится на присоске на расстоянии 10 мм от глаза, соединяясь тонким проводом с генератором низкой частоты (8 кГц). Приемные катушки (две горизонтальные и две вертикальные) располагают-

57

ся на расстоянии 100 мм от излучателя перпендикулярно его плоскости. Для каждой пары катушек используются два несимметричных нерезонансных усилителя, настроенные на частоту излучения (рис. 28).

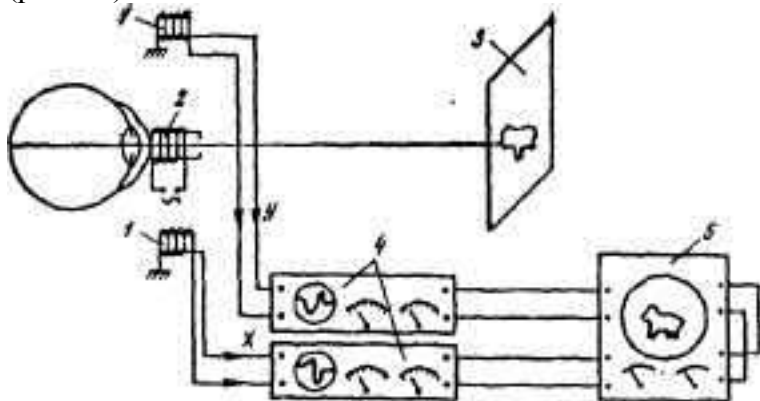


Рис. 28. Схема установки для электромагнитной регистрации движений глаз: 1 - приемные катушки-антенны; 2 - индукционный излучатель-датчик; 3 - экран с тестовым изображением; 4 •

усилители сигналов; 5 - регистрирующий осциллограф (Андреева, Вергилес, Ломов, 1975)

Линейность системы - около плюс-минус 25 угл.град., точность регистрации - 20-30'. Это дает возможность изучить не только макро-, но и микродвижения глаз (в ограниченном диапазоне). Электромагнитный метод предполагает сравнительно простую калибровку, проводимую лишь в начале эксперимента, исключает необходимость перманентной корректировки дрейфа нуля, обеспечивает высокую точность дифференцировок мелких деталей воспринимаемого объекта. Напряжение, возникающее на выходе усилителей, может быть использовано для подключения вспомогательных устройств и их управления определенными положениями глаз. Возможность электромагнитной записи полезного сигнала на ленту магнитофона и его последую-

58

ющего воспроизведения на пониженных скоростях создает условия для более детального и глубокого анализа быстротекущих окуломоторных процессов. Достоинством метода является и возможность быстрого переключения с одного масштаба регистрации к другому, а также независимая запись движений правого и левого глаза в отдельности.

Недостатки метода связаны прежде всего с использованием присосок и необходимостью жесткой фиксации головы испытуемого. Это существенно ограничивает время регистрации движений глаз (до 25-30 минут) и использование данной процедуры в процессах реальной (профессиональной) деятельности. Определенные ограничения накладываются и на контингент испытуемых: в экспериментах не могут участвовать, например, дети или пожилые люди, страдающие глаукомой. Некоторое расширение функциональных возможностей метода может быть достигнуто путем укрепления катушки излучателя не на присоску, а на контактную линзу (Морняков, Котлярский, 1971). Однако в этом случае экспериментатор сталкивается с проблемой индивидуальной подгонки контактной линзы под характеристики склеры каждого испытуемого. Основное назначение электромагнитного метода - лабораторный эксперимент.

Развитие электромагнитного метода связано с решением ряда задач: а) с разработкой более эффективных преобразователей движений глаз, основывающихся на индуктивном или взаимноиндуктивном принципе; б) с разработкой способов одновременной регистрации микро- и макродвижений, в) с поиском новых путей крепления регистрирующих устройств к главному яблоку. Соответствующая модификация электромагнитного метода была предложена В.Лауритисом с соавторами (1977). В их разработке использованы взаимноиндуктивные преобразователи, охваченные обратной связью, которая позволяет расширить диапазон линейности и точности измерителя (по-видимому, автокомпенсаторные измерители являются наиболее перспективными электромагнитными регистраторами движений глаз). Конструктивная особенность методики состоит в том, что к главному яблоку

59

прикрепляется не катушка индуктивности с выходящими из нее проводами, а один короткозамкнутый виток в виде ферромагнитного или легкого дюралюминиевого кольца. Чувствительная часть преобразователя состоит из нескольких катушек, установленных на оправе специальных очков. При изменении положения глаза с кольцом относительно приемных катушек, в последних наводится ЭДС, которая и регистрируется. Преобразователь не ограничивает движения головы, хотя при необходимости ее фиксации может быть использован зубной слепок. Естественные размеры поля зрения (в отличие от присосочных методик) остаются практически неизменными. Линейности измерений по горизонтали - плюс-минус 15 угл.град., по вертикали - плюс-минус 10 угл.град. Точность, или абсолютная погрешность измерителя - не более плюс-минус 15'.

Описанная методика имеет два существенных преимущества. Во-первых, снабженная специальным преобразователем сигналов движений глаз, она позволяет с высокой точностью регистрировать одновременно и макро-, и микродвижения. Во-вторых, использование кольца, или кольцевой присоски, позволяет существенно (в несколько раз) увеличить время непрерывной регистрации окуломоторной активности, что делает методику релевантной ситуации решения разнообразных практических задач.

Аппаратура, процедура и условия проведения исследований с использованием электромагнитной регистрации движений глаз описаны в работах: Зннченко, Вергилес, 1969; Андреева, Вергилес, Ломов, 1975; Барабанщиков, Белопольский, Вергилес, 1978; Лауритис, Крищунас, Луук, Хуйк, Аллик, 1977; Крищунас, Лауритис, 1977.

Электромагнитный метод регистрации движений глаз был разработан в 60-х годах в США

(Robinson, 1963) и в России (Вергилес, 1967) как эффективное средство психофизического и психофизиологического исследования зрительного восприятия и механизмов окулomotorной активности.

Уникальность экспериментов Н.Ю.Вергилеса во многом определяется остроумным использованием возможностей глаз-

60

ной присоски. Последняя может выполнять роль каркаса, несущего разнообразные миниатюрные устройства, например, тахтоскоп или диапроектор (Вергилес, 1967; Зинченко, Вергилес, 1969). Поскольку эти устройства перемещаются вместе с глазом, создаются благоприятные условия для изучения зрительного восприятия объектов при стабилизации их изображения на поверхности сетчатки (рис. 29). Как показали исследования, в этой необычной ситуации (в естественных условиях с каждым поворотом глаз происходит соответствующее перемещение ретинального образа) наблюдатели способны решать довольно широкий круг зрительных задач (рассматривание изображения, опознание, поиск, пересчет элементов и др.), хотя движения глаз значительно отличаются от нормальных (за счет преобладания ускоренного дрейфа глаз и уменьшения амплитуды поворотов).

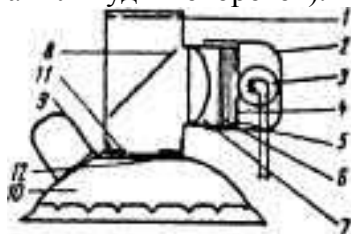


Рис. 29. Конструкция центральной глазной присоски (Вергилес, 1972): 1 - вертикальный тубус; 2 - горизонтальный тубус; 3 - лампа накаливания; 4 - диафрагма, определяющая размеры адаптирующего поля; 5 - матовый экран; 6 - кассета нейтральных и цветных фильтров; 7 - корректирующая линза; 8 - полупрозрачное стекло; 9 - резиновый баллончик для откачки воздуха; 10 - корпус присоски; 11 - внутренняя диафрагма; 12 - стеклянное окошко

В другом исследовании (Андреева, 1972; Андреева, Вергилес, Ломов, 1975) было показано, что при значительном (до 2 угл.град.) ограничении поля зрения активного глаза, несмотря на точное соответствие движений глаз контуру предъявленной фигуры, ее опознание не происходит. Это означает, что пропри-

61

оцепция глазных мышц не является источником информации о перемещениях глаз и/или не включена в построение зрительного образа. Объясняя характер окулomotorной активности в условиях стабилизации изображения объектов на сетчатке и ограниченного поля зрения, исследователи выдвинули гипотезу, согласно которой «работа» глазодвигательной системы человека подчинена принципу следящего устройства, реагирующего преимущественно на внешние параметры зрительного стимула. Соответственно, в качестве главной функции движений выступает наведение глаз на элемент среды (стимул), значимый для наблюдателя в данный момент. Проявления «построительной» функции ни саккадических (Белопольский, 1978), ни плавных преследующих (Барабанщиков, 1978) перемещений глаз не обнаружены.

В выполненной работе принцип следящей системы рассматривается как механизм элементарных движений глаз (микро и макродвижений, плавных и саккадических), специфичный для исходного уровня их регуляции. Более высокие уровни реализуют другой принцип - принцип программирования движений; произвольная программа определяет, в частности, последовательность саккад и локализацию дрейфов (Андреева, Вергилес, Ломов, 1975).

Необходимость эмпирической верификации изложенных представлений вызвало появление нового метода исследования: оптической трансформации зрительной обратной связи ГДС. Устанавливая на глазное яблоко (посредством центральной присоски) различные оптические системы, экспериментатор изменял свойства канала зрительной обратной связи и, как следствие, характер окулomotorной активности (рис. 30). Это открыло новые методические возможности изучения механизмов регуляции движений глаз и их роли в процессе зрительного восприятия (Барабанщиков, Белопольский, Вергилес, 1980).

В.И.Белопольский (Белопольский, 1978, 1985; Белопольский, Вергилес, 1979), варьируя величину коэффициента зритель-нон обратной связи ГДС, определил границы диапазона устой-

62

чивости окуломоторной системы, особенности ее адаптивных перестроек в новых условиях и влияние на процесс зрительного восприятия. Процедура варьирования коэффициента зрительной обратной связи (на глаз испытуемого устанавливался миниатюрный телескоп) выступила здесь как метод исследования динамики функционального поля зрения. Характерные преобразования фиксационного поворота глаз в условиях изменения коэффициента зрительной обратной связи ГДС приведены на рис. 31.

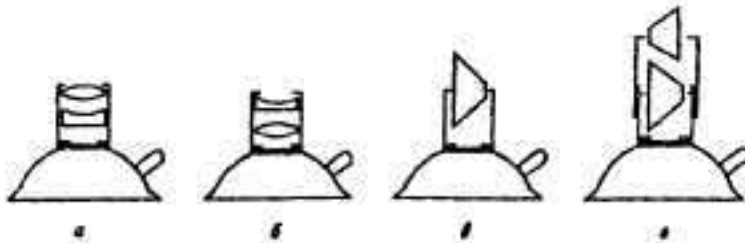


Рис. 30. Схематическое изображение центральных присосок с оптическими системами, обеспечивающими различные виды преобразований ретинального образа: а - увеличение, б - уменьшение, в - инверсия, г - изменение ориентации {Барабанщиков, Белопольский, 1984)



Рис. 31. Движение глаз (горизонтальная составляющая) в процессе смены точек фиксации. Коэффициент зрительной обратной связи = -0.3 (а) и -2.4 (б) (Барабанщиков, Белопольский, Вергилес, 1980)

Изменяя знак и варьируя направление зрительной обратной связи (путем использования миниатюрной призмы Дове, либо системы призм), В.А.Барабанщиков описал необычные паттер-

63

ны окуломоторной активности, возникающие в данных условиях (рис. 32), способы их произвольного контроля и возможности адаптации. Проведенные исследования позволили выявить также функциональные механизмы управления движениями глаз и зонную природу перцептивно-моторных отношений (Барабанщиков, 1978, 1979, 1983, 1986, 1989).

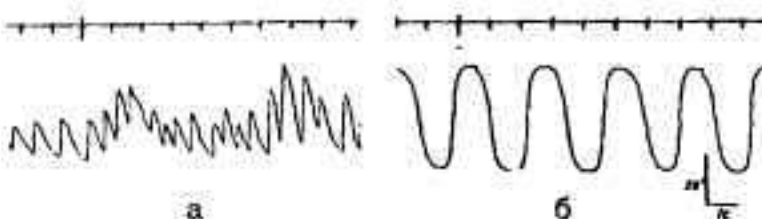


Рис. 32. Окулограммы движений глаз в условиях положительной зрительной обратной связи ГДС (Барабанщиков, 1978): а - инверсионный нистагм; б - плавные синусоидальные колебания глаз (коэффициент зрительной обратной связи = +1)

Методика, позволяющая одновременно варьировать и величину, и знак коэффициента зрительной обратной связи ГДС, апробирована в работах Е.А.Андреевой, К.Е.Басыбековой и Н.Ю.Вергилеса (Басыбекова, 1987; Басыбекова, Андреева, Вергилес, 1984; Вергилес, Андреева, 1990). В качестве средства преобразования обратной связи использовалась оптическая система из двух положительных короткофокусных линз. Исследование показало, что при малых значениях положительной зрительной обратной связи процесс адаптации глазодвигательной системы происходит в течение очень короткого времени (нескольких минут), причем существует интер- и интрамодаль-ный

перенос способов функционирования двигательных компонентов зрительной и мануальной систем.

В.А.Барабанщиков и А.П.Зубко (1979) предложили методику, допускающую амбивалентную зрительную обратную связь: положительную и «нулевую» (стабилизация элементов объекта относительно сетчатки). Они нашли, что способ регуляции

64

движении глаз в данной ситуации определяется свойствами предмета восприятия. Если он стабилизирован относительно сетчатки, наблюдается малоамплитудный дрейф глаз, если инвертирован -нистагм, либо крупноамплитудные синусоидальные колебания.

Безусловно, возможность применения разнообразных оптических устройств, трансформирующих стимуляцию, не единственное преимущество электромагнитного («присосочного») метода. Он позволяет регистрировать вергентные движения глаз в процессе чтения (Корнев, 1985), допускает параллельную регистрацию тремора (Гиппенрейтер, Вергилес, Щедровицкий, 1964) или торзионных поворотов глаз (Белопольский, Вергилес, 1990), измерение и перемещение головы (при относительно жесткой фиксации позы) и графических движений рук (Андреева, Вергилес, Ломов, 1975), несет возможность оптической стабилизации окружающих наблюдателя объектов относительно сетчатки (Барабанщиков, Белопольский, Вергилес, 1980), используется при изучении как индивидуальной, так и совместной деятельности наблюдателей (Грудзинская, 1978), причем не только в специальных лабораторных, но и в полевых условиях (Белопольский, Вергилес, 1987, 1988).

Существенные ограничения рассмотренной разновидности электромагнитного метода: короткое время эксперимента, жесткая фиксация головы наблюдателя, невозможность измерения движения закрытых глаз и некоторые другие, сравнительно легко преодолеваются в тех модификациях, которые предполагают использование контактного кольца (Кришунас, Лауритис; Ла-уритис, Кришунас, 1977).

Так, Т.М.Буякас и Т.М.Федорова (1981, 1984). применяя данный метод, описали паттерны движений закрытых глаз и их связь с функциональной загруженностью оператора и исходом решения задачи. Гипотеза о том, что в основе выявленных паттернов движений лежат различия внутреннего усилия субъекта, получила эмпирическое подтверждение в работе Т.М.Буякас, В.А.Михеева, А.А.Пономаренко (1985). Они показали,

65

что индикатором степени внутреннего усилия, или концентрации внимания, является мера подавления быстрых движений глаз: чем больше выражен дрейфовый компонент, тем выше внутреннее усилие. Эта закономерность сохраняется и в случае измененных состояний сознания, в частности, при медитации (Буякас, Михеев, 1987). Особенности регистрации вергент-ных движений глаз при восприятии иллюзии обоев описаны в работе А.Д.Логвиненко, А.И.Назарова, Т.М.Сокольской и Б.Г.Мещерякова (1980).

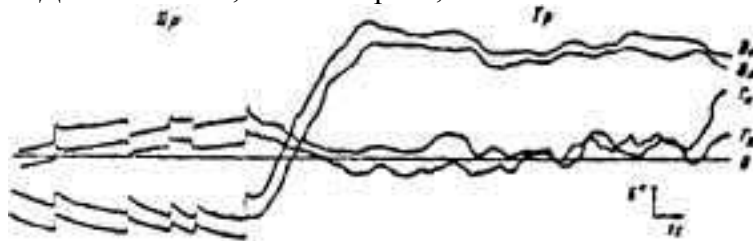


Рис. 33. Смена режима движения закрытых глаз с началом медитации (Буякас, Михеев, 1987). В/Г - вертикальные и горизонтальные составляющие движений правого и левого глаза; 0 - нулевой уровень горизонтали и вертикали; Ир и Ир - режимы движений закрытых глаз

Таким образом, электромагнитный метод регистрации движений глаз также имеет широкий круг возможностей изучения механизмов окулоmotorной активности, ее связей с процессом зрительного восприятия, состоянием и деятельностью человека. Он позволяет измерять параметры макро- и микродвижений глаз в условиях моно- и бинокулярного

восприятия как на свету, так и в темноте (при закрытых веках), демонстрирует высокую «разрешающую способность», большой диапазон линейности, возможность быстро переходить от одного масштаба измерений к другому, допускает использование специализированных устройств трансформации зрительного «входа» и, соответственно, исследование преобразованных форм окулomotorной активности. Именно с последним связаны главные достижения исследо-

66

ваний, в которых применялась электромагнитная регистрация. Искусственное изменение оптических свойств глаза ведет к разворачиванию автоматизированных процессов решения зрительных задач, которые в обычных условиях протекают в очень короткие интервалы времени и плохо поддаются психологическому анализу. Последовательное сокращение объема движений и исчезновение неспецифических форм окулomotorной активности в ходе повторного решения зрительных задач становится индикатором адаптации ГДС и зрительного процесса в целом. Вероятно, данный метод имеет и наибольшую перспективу развития. Во всяком случае, он наиболее подготовлен в плане компьютерной обработки и преобразований выходного сигнала.

67

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ИССЛЕДОВАНИИ ГЛАЗОДВИГАТЕЛЬНОЙ АКТИВНОСТИ

Окулomotorная активность является необходимым компонентом психических процессов, связанных с получением, преобразованием и использованием зрительной информации, а также состояний и деятельности человека. Поэтому, регистрируя и анализируя движения глаз, исследователь получает «выход» на скрытые (внутренние) способы активности, которые обычно протекают в свернутой форме исключительно быстро и неосознанно. Как показывают исследования, по характеру движений глаз можно определить:

направленность взора и динамику оперативного поля зрения;

стратегии прослеживания движущегося объекта и сканирования воспринимаемых сцен; информационную сложность объекта и точность фиксации его элементов; зоны поиска и «проигрывания» вариантов решения наглядно-действенных задач; структурные единицы деятельности и уровень сформированное™ действия (прежде всего перцептивного); состояния сознания; уровень развития зрительных функций на разных стадиях онтогенеза; эффективность решения оперативных задач и/или исполнения отдельных этапов практической деятельности; – – деструкции познавательных процессов человека и другие. В отличие от самоотчета или наблюдения за движениями глаз окулография дает не только непрерывную, достоверную, детали

68

зированную, но и качественно иную информацию об изучаемых явлениях. Это - один из наиболее чувствительных индикаторов динамики познавательного процесса и форм взаимодействия человека с окружающим миром.

Несмотря на кажущуюся простоту и однозначность, связь познавательных процессов и деятельности с окулomotorной активностью является исключительно сложной, многократно опосредствованной и изменчивой. Ее содержание составляет самостоятельную проблему исследования, которая может быть сформулирована в виде трех вопросов: 1. Каковы механизмы регуляции (построения) движений глаз в процессах познания и деятельности человека? 2. Какую роль играет окулomotorная активность в этих процессах? 3. Индикатором каких проявлений познания и деятельности человека (в норме и патологии) служат характеристики движений глаз?

Данная проблема выступает как комплексная, объединяющая представителей разных специальностей (психологов, физиологов, инженеров, программистов, оптиков, медиков и искусствоведов), а ее разработка поддерживается не только собственными потребностями науки, но и запросами практики: эргономики, офтальмологии, психиатрии, радиологии, инженерной психологии и др. По своему научно-практическому потенциалу это «точка роста» нового знания и исследовательских технологий.

Современное состояние проблемы характеризуется не только многообразием изучаемых явлений (их сторон, планов, измерений), но и неравномерностью их проработки. Большое внимание уделяется анализу движений глаз в процессах поиска, обнаружения, опознания и прослеживания значимого элемента среды, рассматривания сюжетных изображений, выполнения сложных зрительных и интеллектуальных задач. Наиболее частым предметом исследования оказываются окуломоторные структуры, включающие макросаккады и дрейф (либо прослеживающие движения); плохо изучены тремор, вергентные и торзионные движения. В качестве контролируемых параметров обычно выступают относительная позиция глаза в орбите, последова-

69

тельность (маршруты) и продолжительность зрительных фиксаций; амплитуда и частота саккад; векторная скорость и амплитуда дрейфа и плавных прослеживаний; частота, амплитуда и направление различных форм нистагма (физиологического, оптокинетического, инверсионного и др.), причем в каждом отдельном исследовании оценивается не более двух-трех параметров. Многомерное, или «объемное», описание окуломоторной активности, включающей все или большинство видов движений глаз, остается пока недостижимой меч'той. Наконец, фрагментарен объект исследования, который составляют нормальные взрослые (от 18 до 50 лет), дети (от двухнедельного возраста), а также больные с нарушением окуломоторной активности различного анамнеза.

Практически ориентированные исследования концентрируются вокруг трех тем. (1) Анализ и организация конкретных видов операторского труда, связанного с управлением сложными технологическими объектами (АСУ, транспортные средства и т.п.); методы окулографии позволяют осуществить контроль за обучением специалистов, дать критерии оценки систем отображения информации и эффективности операторской деятельности. (2) Диагностика психических заболеваний, мозговых поражений, состояния зрительных функций и окуломоторного аппарата; методы окулографии дают возможность установить «окуломо-торные» симптомы нарушений познавательных процессов и деятельности. (3) Коррекция развития и формирования познавательных действий; методы окулографии обеспечивают мониторинг стратегий решения зрительных, мнемических и интеллектуальных задач. Хотя объем прикладных исследований движений глаз сравнительно мал, область их применения постепенно расширяется (за счет включения новых сторон практики), методы регистрации становятся все более точными и удобными (как для экспериментатора, так и для испытуемого), а связь прикладных исследований с фундаментальными (через взаимный обмен методическими приемами, данными, концептуальными представлениями) становится все более тесной.

70

Функциональная организация окуломоторной активности несет отпечаток многообразия связей и отношений движений глаз, и, в зависимости от контекста исследования, становится индикатором разных аспектов познавательного процесса или деятельности человека. В плане субъект-объектного взаимодействия - это, например, стратегия и тактика решения наглядно-действенных задач, выработка или восстановление перцептивного навыка; в плане внутренних условий - структура взаимодействия мотивационного, диспозиционного, когнитивного и моторного (исполнительного) компонентов познавательного процесса; в плане зрительного образа - динамика стадий и фаз его развертывания. Соответственно эффективность метода регистрации движений глаз как индикатора психических процессов (состояний, деятельности) зависит от того, насколько полно в конкретном исследовании учитывается вся совокупность их связей и опосредствовании.

Как мы убедились, универсального метода окулографии, пригодного для решения любых задач, относящихся к проблеме движений глаз, не существует. Каждый из рассмотренных методов обладает ограниченными возможностями (точностью и диапазоном линейности

измерений, трудоемкостью регистрации и анализа данных, удобством для испытуемого и влиянием на выполняемую им деятельность, сочетаемостью с другими методами исследования, надежностью получаемых данных и др.), имеет как достоинства, так и недостатки и обеспечивает решение вполне определенного класса исследовательских и/или практических задач. За каждым из них стоят конкретные предметные представления и констелляции проблем, которые становятся источником специальных методов исследования окуломоторной активности, зрительного восприятия и деятельности (таких как, например, трансформация зрительной обратной связи или фиксационный оптокинетический нистагм).

Вместе с тем, рассмотренные методы неравнозначны. С точки зрения возможностей развития, наиболее перспективными представляются те, которые обеспечивают преобразование глазодви-

71

гательной активности в электрический сигнал (электроокулография, электромагнитный и фотоэлектрический методы). Это -необходимое условие создания (на основе компьютера) высокоавтоматизированных комплексов регистрации глазодвигательной активности и анализа данных. Как показывает опыт зарубежных исследований (Барабанщиков, 1987; Fisher, Monty, Senders, 1981; Groner, Mentz, Fisher, Monty, 1983; Gale, Johnson, 1984; Levy-Schoen, O'Regan, 1987; G.Lueret al., 1988 и др.), создание таких комплексов позволит не просто повысить точность и увеличить диапазон линейности измерения движений глаз, учесть индивидуальные характеристики глазного яблока, упростить процедуры калибровки и обработки данных, но и изменить методический строй исследований, при котором основной акцент с техники (средств) регистрации смещается на ее программное обеспечение. Активное использование компьютера изменило бы и место процедуры регистрации движений глаз в структуре экспериментального исследования; от прерогативы узких специалистов, владеющих техническими средствами регистрации и соответствующими навыками, она могла бы войти «в обойму» стандартных методов и использоваться максимально широким кругом исследователей и практиков. Это, в свою очередь, создало бы предпосылки изменения общей стратегии научного познания свойств, функций и закономерностей движений глаз, ориентированной не только на хорошо выраженные, «первичные» особенности системы регуляции движений глаз, но и на неочевидные, «вторичные» свойства, выявление которых требует больших массивов данных.

Безусловно, разрыванию более широкого фронта работ в данной области способствовало бы и промышленное производство устройств или автоматизированных комплексов регистрации и оценки параметров окуломоторной активности (в настоящее время большинство установок сконструировано руками самих экспериментаторов и существует в одном-двух экземплярах).

Необходимо иметь в виду/ однако, что использование новых методических средств и способов исследования, само по себе еще

72

не ведет к раскрытию механизмов и функций движений глаз в процессах познания и деятельности. Последнее требует преобразований концептуальной базы, в частности, новых представлений об организации окуломоторной активности, которые пока не эксплицированы. Поскольку общая тенденция развития проблемы предполагает все более полную спецификацию связан н опосредствовании моторики и соответствующих параметров перцепции, перспектива использования методов окулографии в психологии лежит на пути не столько повышения их точности, надежности и удобства, сколько модификации самого методического принципа: создание средств, учитывающих многозначность отношений позиции или перемещений глаз с другими проявлениями познавательных процессов и деятельности человека.

За последние десятилетия российская психологическая наука накопила мощный

методический потенциал, ориентированный на решение проблем природы познавательных процессов и деятельности человека. По всем основным параметрам (конструкторским идеям, точности и линейности измерений, предоставленным возможностям и др.) существующие разработки систем регистрации и исследования движений глаз вполне сопоставимы с современными зарубежными аналогами. За исключением одного: применения компьютера на линии эксперимента. Без внедрения высоко автоматизированных комплексов создание конкурентоспособной научной продукции выглядит проблематичным. Будем надеяться, что это явление временное, как временно снижение интереса российских психологов к аппаратным методикам.

73

ЛИТЕРАТУРА

Авесисов Э.С., Розенблюм Ю.З. Вопросы офтальмологии в кибернетическом освещении. М.: Медицина, 1973. 224 с.

Ананьин В.Ф. Исследование методов регистрации движений глаз и зрачковых рефлексов. Канд. дисс. М., 1964. 153 с.

Андреева ЕА. Экспериментальное исследование функций и механизмов глазодвигательной системы // Автореф. канд. дисс.. Л., 1972. 18 с.

Андреева Е.А., Басыбекова К.Е., Вергилес Н.Ю. Метод экспериментального исследования зрительно-моторной координации / Психологический журнал, 1984, № 6. С. 86-92.

АнАрсанаа Е.А., Вергилес Н.Ю., Ломов Б.Ф. Механизм элементарных движений глаз как следящая система // Моторные компоненты зрения. М.: Наука, 1975, С. 7-55.

Арбиб М. Метафорический мозг. М.: Мир, 1976. 296 с.

Барабанщиков В.А. Исследование глазодвигательной системы в условиях положительной зрительной обратной связи // Движения глаз и зрительное восприятие. М.: Наука, 1978. С. 117-170.

Барабанщиков В.А. Формы глазодвигательной активности в условиях положительной зрительной обратной связи // Физиология человека, 1979, № 4, С. 694-701.

Барабанщиков В.А. Стабильность воспринимаемого мира как свойство сенсомоторной интеграции зрительной системы // Когнитивная психология. М.: Наука, 1986, С. 61-75.

Барабанщиков В.А. Зарубежные экспериментальные исследования движений глаз: общее состояние и основные тенденции // Психологический журнал, 1987, № 1, С. 127-135.

Барабанщиков В.А. Взаимосвязь движений глаз и зрительного восприятия: новый методический подход // Психология восприятия. М.: Наука, 1989. С. 14-27.

Барабанщиков В.А. Динамика зрительного восприятия. М.: Наука, 1990. 240 с.

Барабанщиков В.Л. Условия, содействующие адаптации глазодвигательной системы человека // Психологический журнал, 1983, № 2, С. 15-27.

Барабанщиков В.Л., Зубко А.П. Амбивалентная зрительная обратная связь и регуляция движений глаз // Физиология человека. 1980, № 2. С. 220-223.

74

Барабанщиков В-А., Бялопольский В.И. Функциональная гибкость глазодвигательной системы человека // Мозг и психическая деятельность. М.: Наука. 1984, С. 230-235.

Барабанщиков В-А., Бялопольский В.И., Вергилес Н.Ю. Оптические методы трансформации зрительной обратной связи // Психологический журнал. 1980, № 3. С. 85-94.

Басыбекова К.Е. О соотношении элементарных уровней регуляции зрительно-моторной координации. Автореф. канд. дисс, М., 1987, 25 с.

Бялопольский В.И. Исследования глазодвигательной системы в условиях варьирования величины зрительной обратной связи // Движение глаз и зрительное восприятие. М.: Наука, 1978, С. 84-117.

Бялопольский В.И. Селективное внимание и регуляция движений глаз // Психологический журнал, 1985, № 3, С. 56-73.

Бялопольский В.И. О механизме управления взором человека // Психология восприятия. М.: Наука, 1989, С. 46-59.

Бялопольский В.И., Вергилес Н.Ю. Адаптивная реакция глазодвигательной системы на изменение величины зрительной обратной связи // Физиология человека, 1979, № 3, С. 543-551.

Бялопольский В.И., Вергилес Н.Ю. Фотоэлектрический метод регистрации ротаторных движений глаз человека // Космическая биология и авиакосмическая медицина, 1990, № 5, С. 51-53.

Береговой Г.Т., Завалова Н.Д., Ломов Б.Ф., Пономаренко В.А. Экспериментально-психологические исследования в авиации и космонавтике. М.: Наука, 1978.

Брнштсйн Н-А. Физиология движений и активность. М.: Наука. 1990, 495 с.

Благовещенская Н.С. Электронистагмография при очаговых поражениях головного мозга. Л.: Медицина, 1968. 170 с.

Боброва Э.С., Хомская Е.Д. Движения глаз при обведении контура объекта в условиях различной зрительной афферентации // Психологические исследования, М.: МГУ, 1968.

Бороздина Л.В. Зрительная деятельность наблюдателя при обнаружении порогового сигнала // Исследование зрительной деятельности человека. М.: МГУ, 1973, С. 153-166.

Буякас Т.М. Зрительные и двигательные аспекты работы глаза в задачах ручного слежения // Исследование зрительной деятельности человека. М.: МГУ, 1973. С. 126-142.

29. Буякас Т.М. Работа зрительной системы при точностных движениях руки // Моторные компоненты зрения. М.: Наука, 1975, С. 176-190.

Буякас Т.М., Гиппенрейтер Ю.Б. О некоторых особенностях

глазного слежения за самоуправляемой целью // Исследование зрительной деятельности человека. М.: МГУ, 1973. С. 111-125.

Буякас Т.М., Линде Н.Д. Эффект подавления саккадических движений глаз в процессе деятельности // Восприятие и деятельность. М.: МГУ, 1976. С. 68-86.

Буякас Т.М., Михеев В.А., Пономаренко А-А. Движения закрытых глаз как индикатор динамики внутреннего усилия // Вестник МГУ. Психология, 1985, № 3. С. 24-31.

Буякас Т.М., Михеев В.Л. Движения закрытых глаз в состояниях концентрирования внимания и медитации // Вестник МГУ. Психология, 1987, № 4. С. 43-52.

Буякас Т.М., Федорова Т.М. Движения закрытых глаз человека в процессе решения некоторых задач // Вестник МГУ. Психология № 4. С. 13-24.

Буякас Т.М., Федорова Т.М. Функциональная загруженность оператора при разных режимах движения закрытых глаз // Вестник МГУ. Психология. 1984, № 4. С. 51-60.

Ветер Л*А. Восприятие и обучение. М.: Просвещение, 1969, 365 с.

Вергилес Н.Ю. Исследование деятельности и функциональное моделирование сенсорного звена зрительной системы // Автореф. канд. лисе, М., 1967, 27 с.

38. Вергилес Н.Ю., Андреева Е*А. Наша точка зрения на механизм зрительно-моторной координации // Управление движениями. М.: Наука. 1990. С. 143-150.

Владимиров А.Д. ВЭКС - 01 - для окулографии // Вопросы психологии, 1965, Ш 2. С. 158-160.

Владимиров А.Д. Методы исследования движений глаз. М.: МГУ, 1972. 98 с.

Владимиров А.Д., Хомская Е.Д. Фотовольтовый метод регистрации движений глаз // Вопросы психологии, 1961, № 2. С. 177- 183.

Владимиров А.Д., Хомская Е.Д. Процессы экстраполяции в глазодвигательной системе. М.: Наука, 1981. 165 с.

Галактионов А.И. Основы инженерно-психологического проектирования АСУ ТТХ Мф: Энергия, 1978, 208 с.

76

Гассовский Л.Н., Никольская Н.А. Движение глаза в процессе непрерывной фиксации точки // Труды Государственного оптического института. Вып. 15. М., 1941. С. 112-120.

Гиппенрейтер Ю.Б. Глаз как двигательный орган // Восприятие и деятельность. М.: МГУ, 1976. С. 28-54.

Гиппенрейтер Ю.Б. Движение человеческого глаза. М.: МГУ, 1978. 263 с.

Гиппенрейтер Ю.Б. Опыт экспериментального исследования работы зрительной системы наблюдателя // Инженерная психология. М.: МГУ. 1964. С. 192-230.

Гиппенрейтер Ю.Б., Вершлес Н.Ю., Щедровицкий Л.П. Новое в методике регистрации тремора глаз // Вопросы психологии, 1964, № 5. С. 118-121.

Гиппенрейтер Ю.Б., Романов В.Я. Новый метод исследования внутренних форм зрительной активности // Вопросы психологии, 1970. № 5. С. 36-52.

Гиппенрейтер Ю.Б., Романов В.Я. Непроизвольные микронистагмы глаз и их связь с произвольной деятельностью человека // Управление движениями. М.: Наука, 1990. С. 113-123.

Гиппенрейтер Ю.Б., Романов В.Я., Самсонов И.В. Метод выделения единиц деятельности // Восприятие и деятельность. М.:

МГУ. 1976. С. 55-67.

52. Гиппенрейтер Ю.Б., Седакова Л.Б. Движения глаз при восприятии двойственных изображений // Психологические исследования. Вып. 2. М.: МГУ. 1970. С. 47-53.

Гиппенрейтер Ю.Б., Смирнов С.Д. Уровни следящих движений глаза и зрительное внимание // Вопросы психологии, 1971. № 3. С. 31-45.

Глезер В.Д. К характеристике глаза как следящей системы // Физиологический журнал СССР. 1959, № 3. С. 271-279.

Глеяер В.Д., Заюрулько Л.Г. Фотоэлектрическая регистрация тонких движений глаз // Физиологический журнал СССР, 1956, № 4. С. 437-440.

Голиков Ю.Я., Костин А.Н. Принципы структурно-динамической концепции анализа и проектирования сложных видов операторской деятельности // Психологические проблемы профессиональной деятельности. М.: Наука, 1991. С. 14-26.

Гордеева Н.Д., Назаров А.М., Романюта В.Г., Яровинский А.Н. Движения глаз и управление следами сенсорной памяти // Эргономика, 1972. № 4, С. 38-63.

77

Гордон В.М. Исследования функций внешних и викарных перцептивных действий в структуре процесса решения задач // Психологические исследования, № 6, 1976. С. 33-43.

Грудаинкас И.К. Экспериментальное изучение решения перцептивных процессивно-опознавательных задач в условиях взаимодействия двух операторов. Автореф. канд. дисс., М., 1978. С. 19.

Грюссер О., Грюссер-Корнельс У. Физиология зрения // Основы сенсорной физиологии. М.: Мир, 1984. С. 142-197.

Гуревич Б.Х. Универсальные характеристики фиксационных глазных скачков // Биофизика, 1961, № 3. С. 44-49.

Гуревич Б.Х. Движения глаз как основа пространственного зрения и как модель поведения. Л.: Наука, 1971, 226 с.

Денисов В~А. Системное исследование срыва деятельности при слежении за периодическими сигналами. Автореф. канд. дисс, М., 1979, 24 с.

Добролюбовский Ю.П., Завалова Н.Д., Пономаренко В~А., Туеае В.А. Методы инженерно-психологических исследований в авиации. М.: Машиностроение, 1975. 279 с.

Долбищра В.М. Регистрация движений глаза // Новости медицинской техники. М., 1961. С. 17-26.

Дормашев Ю.Б., Романов В.Я. Гальванический микронистагм и его свойства // Вестник МГУ, Психология, 1983, 2, С. 36-47.

Дормашев Ю.Б., Романов В.Я. Связь микросаккад с функциональными единицами кратковременного запоминания // Вестник МГУ, Психология, 1989, 1, С. 16-29.

Завалишина Д.Н. Анализ процесса решения пространственно-комбинаторных задач дискретного характера с помощью кино съемки движений глаз // Проблемы инженерной психологии. Л., 1964. С. 203-218.

Завалишина Д.Н. К проблеме формирования стратегии при решении дискретных оперативных задач // Вопросы психологии.

1965. №.5. С. 71-81.

70. Завалишина Д.Н. Психологические механизмы решения оперативных задач (при управлении транспортными средствами) // Автореф. канд. дисс, М., 1968, 22 с.

Завалишина Д.Н. Функции движения глаз при решении дискретных задач // Проблемы инженерной психологии. Вып. 2. М., 1968. С. 116-122.

Завалишина Д.Н., Пушкин В.Н. Об узнавании в процессе
78

решения задач // Психология и техника. М.: Просвещение, 1965. С. 233-246.

Завалова Н.Д., Пономаренко В.А. Принцип активного оператора в инженерной психологии // Инженерная психология: теория, методология, практическое применение. М: Наука, 1977. С. 119-133.

Завалова Н.Д., Пономаренко В.А., Сиволап Е.Е., Юровицкий М.Н. Использование парафовеального зрения для контроля параметров полета // Проблемы инженерной психологии. Л.: Ленинградское отделение общества психологов, 1966. С. 85-92.

Загорулько Л.Т. Методы исследования собственных рефлексов зрительного анализатора // Физиологические методы в клинической практике. Л., 1959. С. 168-173.

Запорожец А.В., Ветер Л.Л., Зинченко В.П., Рузская А.Г. Восприятие и действие. М.: Просвещение, 1967, 323 с.

Зинченко В.П. Движения глаз и формирование зрительного образа // Вопросы психологии, 1958. № 5. С. 63-76.

78. Зинченко В.П. Некоторые особенности ориентировочных движений руки и глаза и их роль в формировании двигательных навыков // Вопросы психологии, 1956, № 6. С. 50-64.

Зинченко В.П. Теоретические проблемы психологии восприятия // Инженерная психология. М.: МГУ, 1964. С. 231-263.

Зинченко В.П., Ван Чжи-Цин, Тараканов В.В. Становление и развитие перцептивных действий // Вопросы психологии, 1962. № 3.

Зинченко В.П., Вергилес Н.Ю. Формирование зрительного образа. М.: МГУ, 1969, 106 с.

Зинченко В.П., Вдовина Л.И., Гордон В.М. Исследование функциональной структуры процесса решения комбинаторных задач / Моторные компоненты зрения. М.: Наука, 1975. С. 191-212.

Зинченко В.П., Ломов Б.Ф. О функциях движений руки и глаза в процессе восприятия // Вопросы психологии. 1960, № 1. С. 29-41.

Карпов Б.А. О некоторых результатах исследования особенностей управления взглядом при синдромах поражения лобных систем мозга у человека // Моторные компоненты зрения. М.: Наука, 1975. С. 114-150.

Карпов Б.А., Карпова А.Н. Психопатологические аспекты глазодвигательной активности // Движение глаз и зрительное восприятие. М.: Наука, 1978. С. 236-275.

79

Козлов В.И., Подлеснова Н.В. Экспериментальное исследование формообразования в зрительном восприятии // Принципы порождающего процесса восприятия. М.: Институт общей и педагогической психологии РАО, 1992. С. 62-78.

- Козлова Е.В. Ранний онтогенез бинокулярного зрения чело века. Автореф. дисс. ... канд. психол. наук. М., 1978. 20 с.
- Конькова О.В. ФОНК применительно к анализу процесса чтения // Исследование зрительной деятельности человека. М.: МГУ, 1973. С. 84-93.
- Коренев А.Н. Панорамное зрение (на примере вертикального чтения). Автореф. канд. дисс, М., 1983, 20 с.
- Корчажинская В.И., Попова Л.Т. Мозг и пространственное восприятие. М.: МГУ, 1977, 87 с.
- Крищунас К.С. Преобразование арготической информации. Вильнюс: Мокслас, 1981, 192 с.
92. Крищунас К.С, Лауритис В.П. Методика совметсной регистрации микро- и макродвижений глаз // Вопросы психологии, 1977, № 3, С. 123-126.
93. Кузьмина Т.В. Характеристика неспецифических компонентов психических функций при поражении срединных структур мозга. Автореф. канд. дисс., М., 1980. 22 с.
- Курашвили А.Е., Бабияк В.И. Физиологические функции вестибулярной системы. Л.: Медицина, 1975. С. 279.
- Кушпель В.И., Смирное В.П., Хаавсль Р,Х. Установка для регистрации движений глаз методом роговичного блика с вводом результатов в ЭВМ" // Теоретические и практические вопросы автоматизации психологического эксперимента. Тарту, 1979. С. 22-28.
- Лауритис В.П., Крищунас К.С. Взаимоиндуктивный измеритель микро- и макродвижений глаз // Вестник МГУ. Психология, 1977, № 4. С. 82-86.
- Лауритис В., Крищунас К., Луук А., Хуйк Я., Аллик Ю. Развитие электромагнитной методики регистрации движений глаз человека // Труды по психологии, IV, Тарту, 1977. С. 34-51.
- Левашов М.М., Дмитриев А.В. Способ регистрации ротаторных рефлексов глаз // Космическая биология, 1981, Т. 15, № 6. С. 80-82.
- Леонтьев А.Н. Проблемы психологии восприятия // Психологические исследования. Вып. 6. М.: МГУ, 1976. С. 142-154.
- 80
- Леонтьев АМ. Проблемы развития психики. М..МГУ, 1972, 575 с.
- Лернер Г.И., Подольский АМ. Динамика движений глаз В условиях поэтапного формирования зрительного познания // Эргономика, Труды ВНИИТЭ, Вып. 7. М.. 1974. С. 153-159.
- Леушина ЛМ. О роли движений глаз в оценке расстояний / Доклады АН СССР, 1955, № 5. С. 85-93.
- Леушина ЛМ. О роли движений глаз при дифференцировании формы и расстояния на плоскости // Проблемы физиологической оптики, 1958. т. 12. С. 39-49.
- Леушина ЛМ. Об оценке положения светового раздражителя и движениях глаз // Биофизика, 1965, № 1. С. 73-79.
- Леушина Л.И. Движение глаз и пространственное зрение // Вопросы физиологии сенсорных систем. М.-Л.: Наука, 1966. С. 60-77.
- Леушина ЛМ. Глазодвигательная система и ее функция //

Физиология сенсорных систем. М.-Л.: Наука, 1971, Ч. 1: Физиология зрения. С. 60-77.

Линдсей П., Норман Д. Переработка информации у человека. М.:МиР. 1978. 550 с.

Логвиненко А.Д., Назаров А.М., Мещеряков Б.Г. Саккадическое подавление контраста // Вестник МГУ, 1979, № 1. С. 9-20.

Логвиненко А.Д., Назаров А.М., Сокольская Т.М., Мещеряков Б.Г. Конвергенция и восприятие абсолютной удаленности // Вестник МГУ. Психология, 1980, № 4. С. 47-53.

Ломов Б.Ф. Человек и техника. М.: Советское радио, 1966. 464 с.

Ломов Б.Ф. Методологические и теоретические проблемы психологии. М.: Наука, 1984, 445 с.

Лурия А.Р., Карпов Б.А., Ярбус А.Л. Нарушение восприятия сложных зрительных объектов при поражении лобной доли мозга // Вопросы психологии, 1965, 3. С. 45-54.

Лурия А.Р., Прявдина-Винарская Е.Н., Ярбус А.Л. К вопросу о механизмах движений глаз в процессе зрительного восприятия и их патологии // Вопросы психологии, 1961, № 5. С. 159-172.
Лурье Р.Н. Векторэлектроокулографическая методика изучения движений глаз в процессе онтогенетического развития // Развитие познавательных и волевых процессов у дошкольников. М.: Просвещение, 1965.

81

Лурье Р.Н., Вергилес Н.Ю., Шахнович А.Р. Векторэлектроокулографическое изучение движений глаз // Материалы IV Все союзной конференции по электрофизиологии нервной системы, М., 1963. С. 81.

Луук А., Барабанщиков В.Л., Белопольский В.И. Движение глаз и проблема стабильности воспринимаемого мира // Ученые записки Тартуского университета. 1977. Вып. 429, К« 6. С. 121-167.

Любимое В.В. О восприятии движений сигнала в задаче ручного слежения // Исследование зрительной деятельности человека. М.: МГУ, 1973. С. 143-152.

Милсум Дж. Анализ биологических систем управления. М.: Мир, 1968. 501 с.

Мильман В.Э. Движения глаз в задачах зрительного выбора и поиска // Проблемы инженерной психологии. Л.: Ленинградское отделение общества психологов, 1964. С. 82.

Мирошников М.М. (Ред.) Аппаратно-программные средства для исследования зрительного восприятия изображений. Л.: Государственный оптический институт, 1989. 59 с.

Митрани Л. Саккадические движения глаза. София: БАН, 1973. 168 с.

Митькин А.Л. Системная организация зрительных функций. М.: Наука. 1988. 200 с.

Митькин А.Л. Электроокулография // Эргономика: принципы и рекомендации. М., ВНИИТЭ. 1970. С. 206-215.

Митькин А.Л. Электроокулография в инженерно-психологических исследованиях. М.: Наука, 1974. 140 с.

Митькин А.А., Козлова Е.В., Сергиенко Е.А., Ямщиков А.Н. Некоторые вопросы раннего онтогенеза зрительных сенсомоторных функций // Движение глаз и зрительное восприятие. М.: Наука. 1978. С. 9-70.

Митькин А.А., Сергиенко Е.А., Ямщиков А.Н. Динамика развития глазодвигательной активности у младенцев // Проблемы генетической психофизиологии человека. М.: Наука, 1978. С. 170-181.

Морняков Э.Д., Котлярский А.М. Некоторые данные о движениях глаз у человека и животных и методах их регистрации // Вестник МГУ. Биология. 1971. № 6. С. 35-41.

Назаров А.И., Гордеева Н.Д., Романюта В.Т. Аfferентные регуляции в зрительном восприятии // Эргономика, 1972, № 2, С. 110-130.

82

129. Назаров А.И., Романюта В.Т. Стенд для исследования зрительного восприятия и динамики движений глаз наблюдателя // Эргономика, 1971, № 4, С. 5-37.

Подольский А.И. Формирование симультанного опознания. М.: МГУ. 1978. 152 с.

Поянская Э.Д., Тихомиров О.К. О функциях движений глаз // Психологические исследования. М.: МГУ, 1969. С. 25-30.

Проскурякова Н.Г., Шахнович А.Р. Количественные характеристики фиксации микродвижений глаза // Биофизика, 1968, Т. 13. С. 117-126.

Пушкин В.Н. Оперативное мышление в больших системах. М.-Л.. 1965, 246 с.

134. Пушкин В.Н. Психология и кибернетика. М.: Наука, 1971, 121 с.

Романов В.Я. Исследование свойств зрительного перцептивного процесса методом ФОНК // Исследование зрительной деятельности человека. М.: МГУ, 1973. С. 42-68.

Сергиенко Е.А. Антиципация в раннем онтогенезе человека. М.: Наука. 1992. 140 с.

Сеченов И.М. Избранные произведения. М.: АН СССР, 1952. Т. 1. 771 с.

Смирнов В.П. Методы регистрации движений глаз с использованием роговчатого блика // Труды ГОИ, 1984, Т. 57. С. 76-87.

Смирнов В.П. Автоматизированный метод регистрации движения глаз оператора-наблюдателя оптического прибора. Автореф. канд. дисс, 1985, 20 с.

Смирнов С.Д. Психология образа: Проблема активности психического отражения. М.: МГУ, 1985. 231 с.

Смирнов С.Д. Экспериментальное исследование условий перехода следящих движений глаз на низкие уровни регуляции // Исследование зрительной деятельности человека. М.: МГУ, 1973. С. 94-110.

Телегина Э.Д. Движение глаз в структуре интеллектуальной и мнестической функции // Психологические исследования, 1970. Вып. 2. С: МГУ, С. 93-98.

143. Тихомиров О.К. Структура мыслительной деятельности

человека. М.: МГУ, 1969, 304 с.

144. Фейгенберг Е.И. Микронистагм как объективный индикатор функциональной структуры графического действия. Автореф. канд. дисс, М., 1986. 19 с.

83

Филин В.А. О механизме произвольных скачков и их роли в зрительном процессе // Моторные компоненты зрения. М.: Наука, 1975. С. 69-101.

Филин В.А., Сидоров С.П. Произвольные движения глаз при умственной нагрузке // Журнал высшей нервной деятельности, 1972. Т. 22. С. 688-691.

Хамская Е.Д. Мозг и активация. М.: МГУ, 1973. 382 с.

Чайнова*Воскресенская Л.Д., Сосновская С.Т., Афанасьев А.С. Особенности глазодвигательных реакций в зависимости от структуры информационного поля // Эргономика. Труды ВНИИТЭ, Вып. 6, М, 1973. С. 48-72.

Шахнович А.Р. О роли афферентации в регуляции двигательных функций глаз // Бионика. М., 1965. С. 110-115.

Шахнович А.Р. Мозг и регуляция движений глаз. М.: Медицина, 1974, 160 с.

Шахнович А.Р., Джанелидзе М.В., Инаури А.Л. Об управлении следящими движениями глаз // Бионика. М: Наука, 1965. С. 117.

Шахнович А.Р., Томас Д.Г., Максакова О.А., Милованова Л.С., Вельский М.А. Микротремор глаз в норме и при нарушении сознания // Моторные компоненты зрения. М.: Наука, 1975. С. 102-113.
153. Шахнович А.Р., Шахнович В.Р. Пупиллография. М.: Медицина, 1964. 251 с.

Шляхтин. О движении глазного яблока. Диссертация. М., 1866. 26 с.

Якимов И.Л. Исследования зрительного восприятия во время саккадических движений глаз. Автореф. канд. дисс, Л., 1973, 21 с.

Янский. О параличе глазных мышц. Диссертация. М.. 1866. 23 с.

Ярбус А.Л. Восприятие неподвижного сетчаточного изображения // Биофизика, 1956, Вып. 5. С. 74-81.

Ярбус А.Л. Исследование закономерностей движений глаз в процессе зрения // Доклады АН СССР, 1954, № 4. С. 89-92.

Ярбус А.А. К вопросу о роли движений глаз в процессе зрения // Биофизика, 1959, Вып. 6. С. 41-51.

160. Ярбус А.Л. Новая методика записи движений глаз // Биофизика, 1958, Вып. 8. С. 63-70.

161. Ярбус А.А. Роль движений глаз в процессе зрения. М.: Наука, 1965, 176 с.

84

162. Alpern M. Eye movements // Handbook of sensory physiology / DJameson, L.Hurvich. 1972, V. 7/4. P. 303-330.

163. Bach-Y-Rita P., Collin C.C. (Eds.) The control of eye movements. N.Y.: Acad. Press. 1971. 621 p.

Dell'Otso L.F., Daroff R.B. Functional organization of the motor system // Aerospace Med., 1974, Vol. 45. P. 873-875.

Diichbum R.W. Eye movements and visual perception. Oxford, Clarendon. 1973. 201 p.
Fender D.N., Nye P.W. An investigation of the mechanisms of eye movement control // Kybemetik, 1961. Vol. 1. P. 81-96.
Fisher D.F., Monty R.A., Senders J.W. (Eds.). Eye movements: cognition and visual perception. Hillsdale (N.J.): Erlbaum, 1981. 360 p.
Gale A.C., Johnson F. (Eds.) Theoretical and applied aspects of eye movement research. Amsterdam: North-Holland, 1984. 560 p.
169. Gardner W.R. The processing of information and structure. Potomac: Erlbaum, 1974. 304 p.
Groner R., Menz Ch., Fisher D.F., Monty T.A. (Eds.). Eye movements and psychological functions: International views. N.J.L.: Erlbaum. 1953. 355 p.
Haber R.N. (Eds.) Information - processing approaches to visual perception. N.Y.: Wilay. 1969. 492 p.

Lennerstrand C, Bach-Y-Rita P. (Eds.) Basic mechanisms of ocular motility and their clinical implications. Oxford -N.Y.: Pergamon Press. 1975, 480 p.
Levy-Shoen A., O'Regan K.J. (Eds.) Eye movements: from physiology to cognition. Amsterdam: North-Holand, 1987. 389 p.
Luer C. et al. (Eds.) Eye movement research: Physiological and psychological aspects. Toronto: Hogrefe, 1988. 450 p.
Mackworth N.H. A stand camera for line-of-sight recording // Perception and Psychophysics, 1967. N 2, P. 199-127.
176. Monty R.J., Senders J.W. (Eds.) Eye movements and psychological processes. Hillsdale (N.J.): Erlbaum, 1976. 550 p.
Neisser U. Cognitive psychology. N.Y.: Appleton - Century - Crofts, 1967. 353 p.
Rashbasi C. The relationship between saccadic and smooth tracking eye movements // J.Physiol.. 1961, Vol. 159. P. 326-338.
Robinson D~A. A method of measuring eye movement using a scleral search coil in magnetic field // JEEE Transactions on Bio-Medical Electronics, 1963. BME-Ю. P. 137-145.
85
180. Robinson DA. The mechanisms of human eaccadic eye movement // J.Physiology (Gr. Brit.). 1964. Vol. 174. P. 245-264.
Robinson DA. The mechanics of human persuit movements // J.Physiology, 1965, Vol. 180. P. 569-591.
Robinson DA. Oculomotor control signals // Basic mechanisms of ocular motility and their clinical implications. Oxford: Pergarnon Press, 1975. P. 337-374.
Young L., Sheena D. Survey of eye movement recording methods // Behavior Research Methods and Instrumentation, 1975, N 7, P. 397-429.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	3
Глазодвигательная активность	6
Кинорегистрация	21
Фотооптический метод	30
Фотоэлектрический метод	40
Электроокулография	47

Электромагнитный метод...57

Общая характеристика исследований глазодвигательной
активности 68

Литература 74

87