

К ВОПРОСУ О ФУНКЦИЯХ ДВИЖЕНИЙ ГЛАЗ В ПРОЦЕССЕ ЗРИТЕЛЬНОГО ВОСПРИЯТИЯ

Е. А. АНДРЕЕВА, Н. Ю. ВЕРГИЛЕС, Б. Ф. ЛОМОВ
(Институт общей и педагогической психологии АПН СССР, Москва)

В связи с достижениями в области изучения моторных компонентов зрения в психологии сформировалась и получила определенное распространение концепция, утверждающая, что движения глаз играют ведущую роль в процессах зрительного восприятия и опознания, в формировании зрительного перцептивного образа, коррекции и приведении его в соответствие с отображаемым объектом. Согласно этой концепции, в процессе восприятия глаз работает как некоторое сканирующее устройство, он последовательно обводит, «ощупывает» объект (делая скачки от одного информативного участка контура к другому) своей фовеальной частью, т. е. именно движения обеспечивают развертку сигналов, формирующихся в сетчатке, и их синтез в целостный образ объекта, а возникающие в ходе движений глаз кинестетические сигналы «вплетаются» в ткань зрительного образа, составляя его неотъемлемый и существенный компонент; более того, они образуют как бы канву этого образа, его основу, связывающую множество собственно визуальных сигналов, и обеспечивают адекватность образа объекту.

Такой подход к зрительному восприятию открывает широкие возможности для толкования его как активного, «действенного» отражения, для разработки строгих методов описания этого процесса и выявления механизмов построения зрительного образа. Он позволяет привлекать к анализу зрительного восприятия целый ряд методов и моделей, сложившихся в связи с развитием техники передачи изображений.

В формировании изложенной концепции немаловажную роль сыграла аналогия, которую можно усмотреть при сопоставлении движений глаза в процессе рассматривания тех или иных объектов с движениями руки в процессе их ощупывания. Как показано в многочисленных исследованиях так называемого активного осязания, суммарная траектория движений пальцев руки воспроизводит контур ощупываемого объекта, что является весьма существенным условием формирования его образа. Благодаря этим движениям рука осуществляет развертку осязательных сигналов. Относительно адекватный осязательный образ формируется даже в том случае, когда площадь непосредственного соприкосновения пальца с объектом, а следовательно и участие тактильного анализатора в процессе ощупывания, сведены до минимума. Более того, он формируется и тогда, когда рука вообще не касается объекта, а его ощупывание производится при помощи штифта [1]. Вся совокупность экспериментальных данных, полученных в исследованиях осязания, дает основание считать, что движение руки является здесь неотъемлемым компонентом процесса восприятия, а кинестетический анализатор играет ведущую роль [3], [4], [5], [6], [12], [16].

Сравнение движений руки и глаза в процессах осязательного и зрительного восприятия позволило выявить ряд общих характеристик: относительное подобие траекторий движений контуру воспринимаемого объекта, дискретность движения, зависимость скорости движений от протяженности воспринимаемых частей контура и т. д. Это послужило основанием для того, чтобы распространить некоторые выводы, полученные при изучении осязания, также на зрительное восприятие и выделить особый класс движений, а именно: гностические движения. Сравнительный анализ движений воспринимающих систем — руки и глаза — был выполнен одним из авторов данной статьи совместно с В. П. Зинченко [9], [10]. Позднее он был развит и углублен в работах В. П. Зинченко совместно с А. Г. Рузской, А. В. Запорожцем, Л. А. Венгером и др. [7], [11]. Определенную роль в таких сопоставлениях сыграло утверждение И. М. Сеченова о том, что глаз является «щупалом» [14].

На основе сравнительного анализа было сформулировано положение о том, что гностические движения воспринимающих систем (руки и глаза) выполняют функции измерения воспринимаемого объекта, построения и корригирования перцептивного образа. Принцип развертки, осуществляемый благодаря гностическим движениям, стал рассматриваться как общий для зрительной и осязательной систем.

Однако если в исследованиях осязания, которое давно уже толковалось как сукцессивное восприятие, получены более или менее прямые свидетельства в пользу того, что функции движений здесь — это измерение и построение, то в области зрения дело обстоит несколько сложнее.

В осязании эти функции особенно отчетливо прослеживаются в тех случаях, когда участие тактильного анализатора сводится до минимума и весь процесс восприятия выступает как последовательный охват контура ощупываемого объекта [6].

Что касается зрения, то здесь движения глаз регистрировались преимущественно в условиях так называемого свободного рассматривания, когда поле зрения, а следовательно и собственно визуальная стимуляция, не ограничиваются. Относительное подобие (изоморфизм) суммарной траектории движений глаз и контура воспринимаемого объекта получено в основном в тех экспериментах, в которых перед испытуемыми ставилась специальная задача обвести взглядом контур объекта [15].

В некоторых исследованиях были попытки проследить процесс формирования зрительного образа в условиях последовательного, сукцессивного предъявления элементов воспринимаемого объекта. В одних экспериментах развертка контура объекта задавалась экспериментаторами: элементы контура последовательно высвечивались на экране, находящемся перед испытуемым, но при этом глаза испытуемого были свободны в выборе маршрута осмотра и их движения не регистрировались и не контролировались (Л. М. Беккер и др. [5]). В других экспериментах развертка осуществлялась самими испытуемыми: они должны были последовательно обводить контур объекта, находящегося в темноте, при помощи направленного луча света от фонарика, который держали в руках. Движения глаз здесь также не контролировались (Л. А. Венгер [6]). И в том и в другом случае была показана возможность формирования целостного зрительного образа объекта и опознания при последовательном предъявлении его элементов. Однако вопрос о том, играют ли в этих случаях в развертке контура какую-либо роль и какую именно движения глаз, оставался неясным. Так возникла необходимость провести эксперимент, в котором глаз был бы поставлен действительно в положение «щупа», осуществляющего «последовательный охват», развертку контура рассматриваемого объекта. Чтобы в наибольшей мере приблизить условия работы глаза к условиям, в которых особенно отчетливо проявляется «построительная» функция движений, нужно было

до минимума сузить поле зрения и тем самым как бы отпрепарировать сигнализацию, связанную с работой глазодвигательной системы, от собственно визуальной сигнализации. Такой эксперимент позволил бы изучить «построительную» и измерительную функции движений глаз, так сказать, в очищенном виде. Он позволил бы детально проанализировать «геометрию» построения образа, выявить принципы «построительных» движений и получить ценные данные для суждения о механизмах построения зрительного образа. Вместе с тем он позволил бы более тщательно сопоставить характеристики моторных компонентов осязания и зрения и выявить их специфику в этих двух видах восприятия [2].

Такой эксперимент и был нами проведен.

МЕТОДИКА ЭКСПЕРИМЕНТА¹

В экспериментах использовалась центральная присоска с двумя основными типами съемных насадок.

Насадка первого типа представляет собой тонкостенный тубус цилиндрической формы с диаметром 4 мм и длиной 10 мм. В тубусе имеются две заслонки с отверстиями — диафрагмы: неподвижная, укрепленная у основания тубуса (диаметр отверстия — 0,5 мм), и подвижная, могущая перемещаться вдоль цилиндра (диаметр отверстия — 0,1 мм).

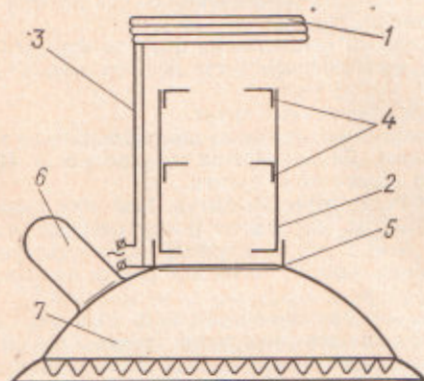


Рис. 1. Схема присоски с насадкой первого типа для регистрации электромагнитным способом.

- 1 — датчик
- 2 — тубус
- 3 — стойка датчика
- 4 — диафрагмы (входная и выходная)
- 5 — стекло
- 6 — баллончик
- 7 — корпус присоски

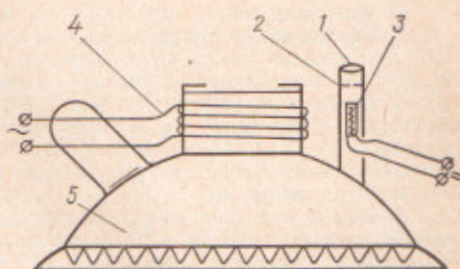


Рис. 2. Схема присоски с насадкой второго типа для регистрации электромагнитным способом.

- 1 — линза
- 2 — диафрагма
- 3 — лампочка накаливания
- 4 — катушка датчика
- 5 — корпус присоски

Изменения расстояния между диафрагмами позволяют регулировать величину поля зрения. Чем больше это расстояние, тем меньше диаметр поля зрения (точнее: видимого участка). Разнесения диафрагм на 10 мм дает сужение поля зрения до 3°.

Схема присоски с насадкой этого типа приведена на рис. 1.

Сужение поля зрения до меньшей величины при помощи такой насадки ограничено длиной тубуса и диаметром отверстий диафрагм. Чтобы сузить поле зрения еще больше, нужно либо увеличить длину тубуса, либо уменьшить диаметр отверстий диафрагм. Но увеличение длины тубуса нежелательно, так как это утяжеляет присоску и может привести к искажению результатов опыта. Уменьшение же диаметров отверстий диафрагм нежелательно из-за физических свойств света: при очень малом диаметре возникает явление дифракции, что приводит к размыванию границ изображения; кроме того, уменьшение диаметра подвижной диафрагмы значительно ослабляет световой поток от объекта (уменьшение диаметра вдвое приводит к четырехкратному уменьшению яркости изображения).

Вес присоски с насадкой первого типа 630 мг.

¹ Часть экспериментальной работы была выполнена в лаборатории В. П. Зинченко [8].

Для того, чтобы получить диаметр поля зрения меньший, чем 3° , была сконструирована насадка второго типа. Этот тип насадки представляет собой миниатюрный осветитель¹, укрепляемый на глазной присоске с помощью шарнира. Пучок света от такого осветителя падает на объект, расположенный перед испытуемым, освещая небольшой участок объекта. Схема присоски с насадкой этого типа изображена на рис. 2. Если объект затемнен, то глаз будет воспринимать только этот — освещенный в данный момент — участок. Изменяя фокусировку осветителя, можно изменять величину освещаемого участка, т. е. фактически изменять величину поля зрения. Этот тип насадки позволяет получить величину поля зрения вплоть до нескольких угловых минут. Область его применения ограничивается в основном максимально возможным световым пятном, поскольку по мере увеличения размера освещенного участка яркость падает пропорционально квадрату его диаметра.

Угловые размеры освещенных участков рассматриваемого объекта при крайних настройках осветителя составляют $35'$ и $1,7^\circ$.

Вес присоски с насадкой второго типа — 590 мг.

Поскольку осветитель укреплен на присоске при помощи шарнира, направление создаваемого им пучка света можно изменять. В экспериментах, которые описываются в данной статье, осветитель устанавливался таким образом, чтобы центр светового пятна совпадал с проекцией зрительной оси глаза. Тем самым проекция зрительной оси как бы фиксировалась световым пятном и становилась наблюдаемой. Перемещаясь вместе с глазом, осветитель последовательно высвечивает участки рассматриваемого объекта и вместе с тем рисует траекторию движения проекции зрительной оси².

Использование насадок первого и второго типа дает возможность исследовать работу глаза в условиях ограничения поля зрения от $0,5^\circ$ до 5° (диаметр); насадка первого типа позволяет получить поле зрения от 3° до 5° , насадка второго типа — от $0,5$ до 2° .

В экспериментах испытуемым, поле зрения которых ограничивалось при помощи описанных выше насадок, предлагались следующие задания.

1) Фиксация безрентирного поля: испытуемым предлагалось фиксировать взгляд и удержать глаз неподвижно в любом произвольно выбранном месте пустого экрана — белой сферической поверхности.

2) Фиксация точки, нанесенной на белый сферический экран.

3) Оценка длины прямолинейных и криволинейных отрезков, изображенных на плоскости для насадки I типа: прослеживание отрезка. Длина отрезка варьировала от 40° до 10° , т. е. во всех случаях превышала диаметр узкого поля зрения.

4) Поиск и пересчет объектов — простых геометрических фигур. При этом предъявлялись как однородные, так и разнородные фигуры. Расстояние между центрами фигур составляло 3° . Если диаметр поля зрения был равен 2° , то испытуемый не мог одновременно видеть больше одной фигуры, если же диаметр был 5° , то он мог видеть одновременно несколько фигур.

5) Восприятие и опознание контурных и силуэтных изображений. Угловые размеры объектов составляли 20° — 35° , т. е. превышали диаметр узкого поля зрения в 10—50 раз. Тем самым создавалась необходимость последовательно обвести контур изображения, т. е. как бы ощупать его. В тех случаях, когда предъявляемые изображения были хорошо знакомы испытуемому (например, контурный рисунок чашки с блюдечком), от него требовалось назвать их. Если же предъявлялись абстрактные рисунки, контур которых образовывался сочетанием прямых и кривых линий, испытуемый должен был после осмотра этих рисунков найти их среди других фигур, но уже при свободном рассматривании, или же нарисовать их по памяти. Все тестовые фигуры были выбраны с таким расчетом, чтобы в узком поле зрения в каждый данный момент по возможности не находились те участки контура, которые можно считать наиболее характерными для данной фигуры. Это было сделано с целью исключения возможности узнавания фигуры по ее какой-либо отдельной детали, что, конечно, повлияло бы на результаты эксперимента. Ведь нас интересовал вопрос не о том, может ли испытуемый узнать объект, если в поле его зрения находится какая-либо характерная (наиболее информативная) деталь, а о том, может ли он опознать фигуру на основе последовательного обведения («ощупывания») контура взглядом, т. е. на основе преимущественно кинестетических сигналов (от глазодвигательной системы) (см. рис. 5).

Время рассматривания фигур не ограничивалось, но регистрировалось экспериментатором. Опыт считался законченным, когда испытуемый либо называл фигуру, либо говорил, что он сможет ее найти (нарисовать), либо отказывался от продолжения эксперимента.

¹ Осветитель состоит из лампы накаливания мощностью 0,75 *вт* и напряжением 1,2 *в*, выходной диафрагмы с величиной отверстия 0,05 *мм* и линзы объектива с фокусным расстоянием 3,5 *мм*. Величина светового пятна, создаваемого осветителем на экране, отстоящем на 0,5 *м* от испытуемого, может изменяться от 5 до 15 *мм* за счет небольшой расфокусировки осветителя, которая осуществляется при помощи перемещения линзы вдоль тубуса.

² Если рассматриваемая поверхность имеет сферическую форму, расхождение между центром светового пятна и зрительной осью практически нет; при расстоянии до экрана 0,5 *м* — они не превышают 1 угловую минуту. Если эта поверхность плоская, то при повороте глаза на 45° в одну сторону эти расхождения не превышают 15 угловых минут.

Поле зрения ограничивалось до 3° , 1° и $0,5^\circ$. Яркость экрана при использовании насадок первого типа составляла 400—450 люкс. Яркость светового пятна, создаваемого осветителем (насадка второго типа) — 100 люкс.

6) Восприятие и опознание контурных и силуэтных изображений фигур (таких же, как и в предыдущей задаче) в условиях слежения за световым пятном, плавно перемещаемым экспериментатором по их контуру. Экспериментатор пользовался указкой, на конце которой была укреплена лампочка; чтобы устранить засветы и блики, она помещалась в специальный светонепроницаемый кожух с отверстием, обращенным к глазу испытуемого. В отличие от задания № 5, здесь испытуемый лишен свободы в выборе маршрута осмотра, а прерывистые скачкообразные движения глаз заменялись плавными следящими движениями. Цель эксперимента состояла в том, чтобы выяснить, не влияет ли дискретность движений, обусловленная узким полем зрения, на восприятие и опознание объекта; на первый план здесь выступало как бы «чистое» движение, т. е. собственно визуальная информация сводилась к минимуму (наблюдение одной точки).

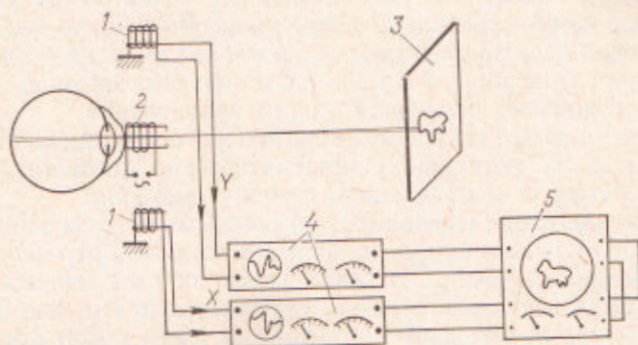


Рис. 3. Блок-схема установки для регистрации траектории движений глаз.

- 1 — приемные катушки-антенны
- 2 — индукционный излучатель-датчик
- 3 — экран с тестовым изображением
- 4 — усилители сигналов
- 5 — электронно-лучевой осциллограф

7) Восприятие и опознание изображений, образованных темными и светлыми точками (мозаика). При выполнении этого задания испытуемый мог произвести произвольное сканирование всей фигуры, а не только ее контура. Поскольку точки, образующие фигуру, были расположены близко друг от друга ($0,3^\circ$), в узком поле зрения могли одновременно в каждый данный момент находиться несколько точек: три — в поле зрения 1° , семь-восемь — в поле зрения 3° . Это облегчало задачу перевода взгляда от точки к точке. Величина точки — $0,5^\circ$. Общее количество точек, образующих фигуру — 40—45.

Во всех экспериментах на один глаз укреплялась присоска с насадкой первого или второго типа, а второй — закрывался ширмой, чтобы исключить ориентацию испытуемого при помощи второго глаза.

Расстояние экрана, на котором предьявлялись тест-объекты, от глаза испытуемого во всех экспериментах составляло 0,5 м.

В экспериментах принимало участие 6 человек с нормальным зрением в возрасте 20—30 лет.

Перед каждым экспериментом производилась подгонка присоски и насадки, а также юстировка аппаратуры, индивидуально для каждого испытуемого. Перед установкой присоски в глаз испытуемого закапывались 2—3 капли однопроцентного раствора диканна, что снимает всякие болевые ощущения на 15—20 минут.

Движения глаз испытуемых при решении перечисленных задач регистрировались при помощи установки, схема которой изображена на рис. 3.

РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТОВ

Эксперименты показали, что характеристики движений глаз в условиях ограниченного (узкого) поля зрения существенно отличаются от тех, которые наблюдаются в условиях свободного рассматривания объектов при неограниченном (естественном) поле зрения.

Приведем данные, полученные при выполнении испытуемыми каждого из перечисленных выше заданий.

Фиксация взгляда. При наблюдении пустого безориентированного экрана глаз не стоит на месте, а совершает хаотические движения типа дрейфа. Область дрейфа составляет 5° — 7° , что превышает область дрейфа в условиях свободного рассматривания примерно на порядок. Иначе говоря, испытуемый не может фиксировать взгляд в какой-либо необозначенной точке «пустого» пространства, как этого требует инструкция. Однако субъективно дрейфовые движения не замечаются, не осознаются: испытуемый уверен, что он выполняет задание. При попытках произвольного управления движением глаз в этих условиях наблюдаются плавные переходы от одного движения к другому, от дрейфа к скачку; нам не удалось зарегистрировать ярко выраженных скачков, характерных для переноса взгляда с точки на точку в условиях свободного рассматривания объектов.

Если в поле зрения имеется фиксационная точка (место фиксации обозначено), движения глаз приобретают характер быстрых дрейфовых сплывов (соскальзывание с фиксационной точки) и возвратных скачков. Область таких сплывов ограничена величиной узкого поля зрения.

В тех случаях, когда направление зрительной оси смещено относительно центра узкого поля, возникают нистагматические движения, медленная составляющая которых направлена в сторону смещения.

Визуальное измерение (оценка длины) отрезков. В условиях ограниченного (узкого) поля зрения симультанная оценка длины отрезков, превышающей его диаметр, исключена. В таких условиях глаз вынужден последовательно перемещаться вдоль отрезка, проследить его, как бы ощупывать. Образ длины прослеживаемого отрезка здесь может формироваться лишь на основе кинестетических сигналов: длина отрезка может быть оценена по амплитуде движения.

Прослеживающие (измерительные по своей функции в условиях данной задачи) движения глаза являются дискретными и имеют скачкообразный характер. При этом величина скачков определяется величиной узкого поля зрения, составляя $0,5$ — $0,6$ его диаметра.

Диаметр узкого поля зрения в градусах	Величина скачка в градусах	Отношение величины скачков к диаметру поля зрения
5°	$2,7$ — 3°	$0,54$ — $0,60$
3°	$1,5$ — $1,7^{\circ}$	$0,50$ — $0,57$
1°	$0,5$ — $0,6^{\circ}$	$0,50$ — $0,60$

Время пауз между скачками составляет 300 — 350 мсек, т. е. несколько превышает длительность фиксаций при свободном рассматривании.

Величина скачка определяется только величиной поля зрения; попытки произвольного управления ею безрезультатны.

С уменьшением поля зрения не только сокращается величина скачков, но иногда и нарушается их ритмичность; увеличивается длительность пауз, появляются возвратные движения.

Когда диаметр поля зрения меньше 1° , скачкообразные движения заменяются дрейфом, скорость которого составляет $0,5$ — $1,0$ град/сек. В некоторые моменты глаз останавливается и начинает дрейфовать в обратную сторону. При этом изменения направления дрейфа испытуемыми обычно не осознаются и часто оцениваются как противоположные действительным.

На рис. 4 приведены характерные записи движений глаз при оценке длины прямолинейных отрезков, расположенных горизонтально. Записи сделаны в одном и том же масштабе.

В ходе прослеживания отрезка глаз строго привязан к нему: движение совершается вдоль отрезка (как прямолинейного, так и криволинейного). Оценка пройденного глазом пути, соответствующего длине отрезка, в условиях узкого поля зрения сильно затруднена, а если диаметр поля зрения

уменьшен до 1° — $0,5^{\circ}$, то и практически невозможна. Особенно отчетливо это проявляется в том случае, когда длина отрезка значительно превышает диаметр поля зрения и количество скачков при прослеживании становится больше 5—6 (вероятно, это как-то связано с объемом оперативной памяти). Испытуемый оценивает длину отрезка (в тех случаях, когда он в состоянии это сделать) весьма ориентировочно. Оценка производится на основе подсчета количества скачков, которое совершает глаз при прослеживании. Если испытуемому предлагают сравнить по длине два отрезка, то он подсчитывает количество скачков при прослеживании каждого из них и затем сопоставляет результаты. Таким образом, оценка длины отрезка осуществляется на речемыслительном, а не на непосредственно визуальном, перцептивном уровне.

В том случае, когда длина отрезка превышает диаметр узкого поля зрения значительно, в 10—15 раз, в таком подсчете возникают ошибки,

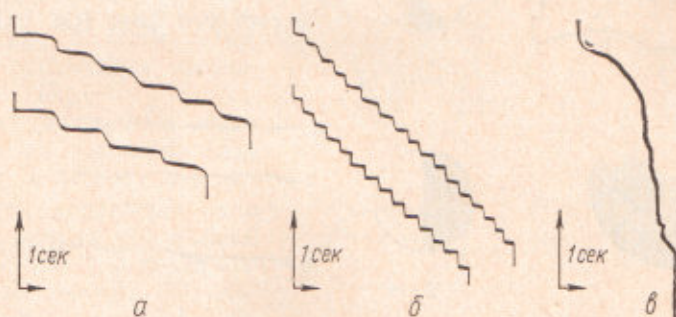


Рис. 4. Записи горизонтальных движений глаз при различных ограничениях поля зрения.

- а) поле зрения 3°
- б) поле зрения 1°
- в) поле зрения $<1^{\circ}$

что вынуждает испытуемого сделать повторные прослеживания, а это часто приводит к еще большим ошибкам.

Нужно отметить, что длина отрезков, которую испытуемый в состоянии проследить, так же как и величина скачков, зависит от диаметра узкого поля зрения. Максимально возможная длина прослеживаемого отрезка поля зрения диаметром 3° составляет 30° — 35° , для поля зрения диаметром 2° — 20° — 25° , для поля зрения 1° — 10° — 13° . При предъявлении отрезков, длина которых превышает указанные, они прослеживаются лишь частично. Как бы испытуемый ни старался выполнить задание, прослеживание отрезков, превышающих по длине указанный предел, до конца не происходит.

Поиск и пересчет объектов. При поиске объектов, удаленных друг от друга на величину, превышающую диаметр узкого поля зрения, глаз совершает в основном дрейфовые движения; они напоминают те, которые наблюдаются при рассматривании пустого (безориентирного) экрана. Глаз «попадает на объект» лишь случайно, и если такое «попадание» произошло, то он как бы «вязнет», «прилипает» к нему. Перевод взгляда с обнаруженного объекта затруднен. Время остановок (фиксаций) при «попадании на объект» очень большое и не опускается ниже 800—1 000 мсек. Некоторые испытуемые вообще отказываются в этом случае продолжать поиск.

Если предъявленные объекты однородны, т. е. не имеют различительных признаков, то оценка их количества и пространственного расположения становится практически невозможной. Испытуемый не в состоянии определить, какой из объектов он уже видел, а какой является новым.

В том случае, когда объекты расположены внутри участка, охватываемого симультанно узким полем зрения, движения глаз приобретают скачкообразный характер; при этом величина скачков определяется расстоянием между объектами. Если эти объекты разнородны, то их подсчет (хотя и не очень точный) возможен. Если же объекты однородны, то их подсчет становится невозможным.

Восприятие и опознание контурных и силуэтных изображений. Как показали эти эксперименты, в условиях ограниченного поля зрения глаз испытуемого действительно совершает последовательный обход вдоль контура фигуры. При этом он перемещается так, что линия контура проходит всегда через середину поля зрения.

Если же рассматривается силуэтный рисунок, то узкое поле располагается так, что одна его половина находится на самой фигуре (темной), а другая — на прилегающем участке светлого фона (см. рис. 5, а и

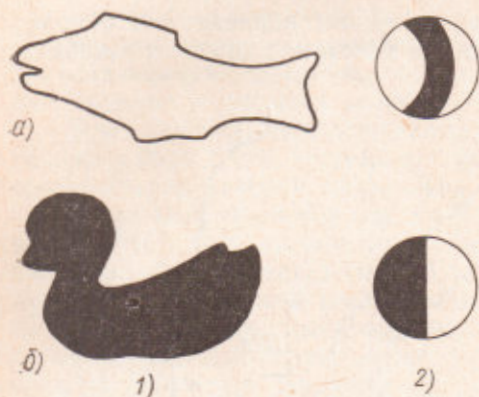


Рис. 5.

1 — а, б — контурная и силуэтная картинка
2 — видимая часть силуэтной и контурной картинке в условиях узкого поля зрения

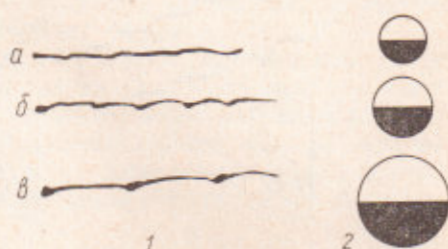


Рис. 6. Записи движений глаз при обведении контура объекта и силуэтной картинке.

а) при угле $0,5^\circ-1^\circ$
б) при угле $1^\circ-2,5^\circ$
в) при угле $2,5^\circ-4^\circ$

1 — записи движений глаз; 2 — поле зрения

б). Движения глаз при диаметре поля зрения $3^\circ-1^\circ$ имеют скачкообразный характер. Величина скачков так же, как и при выполнении заданий измерения длины отрезков, составляют $0,5^\circ-0,6^\circ$ диаметра узкого поля зрения. Типичные записи движений глаз при обведении контура объекта и его силуэта приведены на рис. 6.

Время пауз между скачками (фиксаций) в среднем составляет 300—500 мсек; некоторые фиксации длятся 1000—1500 мсек.

Испытуемые обводят фигуру взглядом несколько раз. Как правило, после третьего раза они либо называют предполагаемую фигуру (или изъявляют готовность нарисовать, найти среди других), либо отказываются от дальнейших попыток. В большинстве случаев наблюдаются ошибки; узнавания были редки и только в тех случаях, когда поле узкого зрения имело диаметр 5° . Если же испытуемые рисовали фигуру, то допускали много ошибок.

Особенно большие трудности в опознании объектов наблюдаются тогда, когда узкое поле зрения имеет диаметр 1° и меньше. При ограничении поля зрения до 1° значительно возрастает длительность пауз между скачками (фиксаций), появляются дрейфовые движения, направленные иногда в сторону, противоположную основному направлению осмотра. При работе в условиях поля зрения $0,5^\circ$ прослеживание контура становится еще более затруднительным. Движения глаз приобретают ярко выраженный характер дрейфа, возникают соскальзывания с контура, частые изменения направле-

ний движения; длительность фиксаций достигает 2—3 сек. В этих условиях ни один испытуемый не смог ни назвать, ни нарисовать, ни найти предъявленные фигуры.

Восприятие и опознание контурных фигур и силуэтов в условиях слежения за световым пятном. При выполнении данного задания испытуемый должен был «обводить» взглядом контур фигуры, следя за непрерывно перемещающимся световым пятном, т. е. траектория движений глаза здесь была навязана. Дело обстоит так, как будто бы экспериментатор перемещал глаз испытуемого, «привязав» его к световому пятну. Ограничение поля зрения здесь было необходимо для того, чтобы исключить такую возможность, при которой глаз оставался бы неподвижным, а проекция движущегося светового пятна описывала бы контур фигуры на сетчатке неподвижного глаза, т. е. исключить ситуацию, создаваемую в упомянутых выше экспериментах Веккера и др. [5].

Эксперименты этой серии показали, что движения глаз являются в основном плавными, что характерно для следящих движений и в обычных условиях (неограниченного поля зрения). Примеры записей траектории следящих движений глаз приведены на рис. 7. Скорость этих движений при выполнении данного задания небольшая от 3 до 10 град/сек.

Она зависит от величины поля зрения. Так для поля зрения 3° она составляет не более 5—7 град/сек, а для поля 5° —10—12 град/сек. Эта зависимость, повидимому, обусловлена допустимой величиной запаздывания движения глаза по отношению к движущемуся световому пятну. Если бы величина запаздывания превышала диаметр поля зрения, то движущееся пятно могло бы остаться за его границами, т. е. стать невидимым. Обычно в экспериментах этой серии контур обводился световым пятном один раз, но по просьбе испытуемого мог быть повторен. В этих экспериментах испытуемые опознавали фигуры с весьма большим трудом. Хотя траектория движений глаз в этой серии экспериментов имеет максимальное подобие контуру фигуры, информация, поступающая от глазодвигательной системы, явно недостаточна для построения адекватного образа. Она недостаточна, также и для того, чтобы испытуемый мог самостоятельно повторить выполненное движение.

Восприятие и опознание изображений, образованных черными и белыми точками. В отличие от только что описанных двух серий экспериментов, где траектория движений глаз «навязывалась» либо контуром, либо движущимся световым пятном, здесь испытуемый мог выбрать любой произвольный маршрут осмотра, а следовательно, не только получить через кинестетический анализатор информацию об уже совершенном (или совершаемом в данный момент) движении, но и определить направление каждого последующего движения. Собственно визуальные сигналы в этих экспериментах в принципе могли бы выполнять функцию контроля (индикатора наличия или отсутствия точки) движений, совершаемых по заранее намеченной программе. Если бы глаз работал по некоторой двигательной программе, то в условиях данного эксперимента имела бы возможность формирования

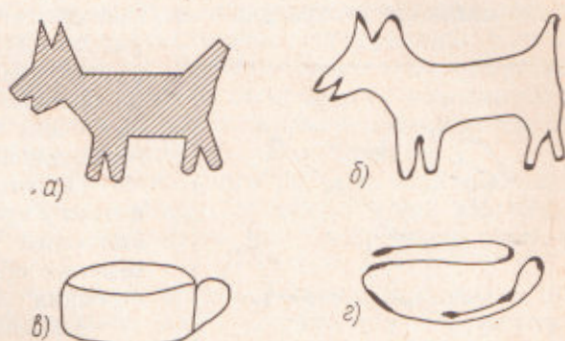


Рис. 7. Движения глаз при слежении за движущейся световой точкой в условиях ограничения поля зрения до 2° .

а, в — эталонные контурные изображения
б, г — траектории движений глаз

образа рассматриваемой фигуры. Однако оказалось, что при выполнении и этого задания испытуемые не опознают предъявляемые фигуры. Движения имеют скачкообразный характер (скачки от точки к точке). Они концентрируются обычно в какой-либо одной области фигуры, имеется много возвратов к одним и тем же точкам. Анализируя траектории совершаемых движений, трудно усмотреть в них не только подобие контуру фигуры, но и четкую программу сканирования. Пример записи движений глаз приведен на рис. 8.

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

В целом описанные выше результаты экспериментов не оправдали наших ожиданий. Оказалось, что в условиях значительного ограничения поля зрения, при опоре только (точнее: главным образом) на кинестетические сигналы, поступающие от глазодвигательной системы, целостный образ рассматриваемого объекта не формируется, объект не опознается, его величина оценивается весьма приблизительно, а при очень большом ограничении и вообще не оценивается.

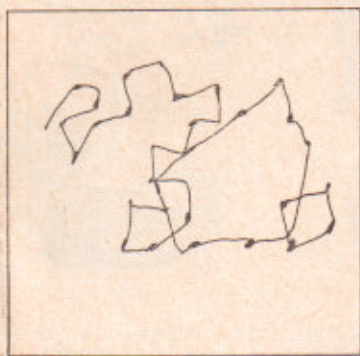


Рис. 8. Тестовое изображение (а) и траектория движения глаз; (б) при ограничении поля зрения до 2°

Полученные данные заставляют усомниться в правильности концепции, приписывающей движениям глаз функции измерения объекта, его сканирования и построения перцептивного образа¹.

Каковы же функции движений глаз? Вопрос этот достаточно запутан. Если систематизировать все, что имеется по этому вопросу в психологической литературе, то мы получим весьма длинный список функций движений глаз. Дело в том, что во многих исследованиях эти функции определялись, исходя из типа задач, предлагаемых испытуемым в экспериментах.

Если ставилась, например, задача поиска объектов и при этом обнаруживались движения глаз, то они определялись как «поисковые»; если же ставилась задача ознакомиться с предъявляемым объектом или «просто смотреть», то наблюдаемые в этом случае движения определялись, как «ознакомительные», хотя бы по своим биомеханическим характеристикам они ничем не отличались от «поисковых»; если регистрировались движения глаз при решении мыслительной задачи (игра в шахматы и т. д.), то они определялись как компонент интеллектуальной деятельности и т. д. и т. п.

Безусловно, анализ движений глаз в контексте деятельности человека составляет важнейшую задачу психологического исследования. Но беда в том, что принципы, методы и аппарат такого анализа еще недостаточно разработаны. Далеко не всегда задача, которую ставит экспериментатор перед испытуемым, совпадает с той, которую действительно решал испытуемый. В то же время движения глаз, наблюдаемые в условиях решения разных задач, оказываются весьма сходными по своим биомеханическим характеристикам (типу, скорости, амплитуде и т. д.). Все это весьма сильно затушевывает реально существующие отношения движений глаз к деятельности человека.

В приведенных экспериментах мы пытались выяснить более частный вопрос: о роли движений глаз в построении перцептивного зрительного об-

¹ Нужно отметить, что понятие «образ» используется в психологической литературе многозначно. Говоря о перцептивном образе, мы имеем в виду чувственное целостное отражение предмета, непосредственно воздействующего на анализатор или систему анализаторов

раза или даже еще более узко — может ли формироваться образ сравнительно элементарного объекта (линия, контурный рисунок, силуэт) на основе главным образом кинестетических сигналов от глазодвигательной системы при ограничении визуальной стимуляции до минимума. На этот вопрос эксперименты дали отрицательный ответ.

Они показали, что режим работы глазодвигательной системы находится в прямой зависимости от объекта собственно визуальной стимуляции и что кинестетические сигналы от этой системы не могут ни восполнить недостаток визуальной информации, ни заменить ее.

Впрочем, ничего странного в результатах приведенных экспериментов нет. Глаз развился в процессе эволюции и работает как оптическая система, приспособленная к отражению оптических свойств вещей. А аппарат, при помощи которого осуществляются движения глаз, играет обслуживающую роль, выполняет лишь вспомогательную функцию. Непременным условием нормального видения является достаточно широкое поле зрения, обеспечивающее simultaneity отображения находящихся в нем предметов¹. В этом отношении зрение существенно отличается от активного осязания, для которого характерна сукцессивность.

Если глаз ставится в такие условия, когда он вынужден работать подобно осязающей руке (точнее: пальцу), возникает масса затруднений, которые приводят к тому, что целостный зрительный образ объекта не формируется.

Эксперименты с ограничением поля зрения находят свою аналогию в клинической практике. Как показал А. Р. Лурия, при нарушениях теменно-затылочных долей мозга, приводящих к сужению поля зрения до 6—7°, у больного возникают большие затруднения в выполнении таких казалось бы простых заданий, как перевести взгляд с точки на точку (когда расстояние между ними равно или больше 5°—6°). Если больной не видит одновременно двух точек, то перевод взгляда заменяется атактическими движениями глаза. При обведении взглядом прямоугольника движения глаз у такого больного складываются из отдельных скачков по контуру фигуры. Больной не может опознать сложные изображения, что обусловлено фрагментарностью их восприятия [13].

Патологическая картина оказывается сходной с той, которая имеет место при искусственном ограничении поля зрения здорового человека.

Наши эксперименты показали, что при рассматривании объекта, размеры которого не превышают величины ограниченного поля зрения, формирующийся его образ оказывается весьма неустойчивым, аконстантным. Объемные объекты воспринимаются как двухмерные; одинаковые, но разноудаленные объекты воспринимаются как разновеликие, но расположенные на одном и том же расстоянии от глаза. Иначе говоря, нарушается восприятие глубины.

Нарушается также и зрительно-двигательная координация: когда, например, испытуемому давалось задание попасть концом указки в точку, фиксируемую узким полем зрения, он допускал систематические ошибки (разброс попаданий в зоне 10°—15°).

Все сказанное еще раз подчеркивает значение величины поля зрения, как важнейшего условия формирования зрительного образа.

Результаты экспериментов дают основание полагать, что основной детерминантой движений глаз в процессе их восприятия является визуальная стимуляция, собственно визуальные сигналы.

¹ Известно, что зрение есть процесс и, следовательно, разворачивается во времени, но в микроинтервалах времени. По отношению к тому масштабу времени, в котором протекает деятельность человека, зрительное восприятие может рассматриваться как simultaneity.

В том случае, когда она отсутствует (например, рассматривание пустого поля), движения глаз приобретают неорганизованный хаотический характер. Основным видом движения в этом случае является дрейф. Такого же типа движения возникают и тогда, когда испытуемый рассматривает изображение, стабилизированное относительно сетчатки. Здесь основным видом движений являются плавные движения (скорость — 5—10 град/сек), переходящие в дрейф (скорость — 1—2 град/сек). Скачки наблюдаются в редких случаях и имеют незначительную амплитуду [8]. На рис. 9 приведены записи движений глаз при восприятии пустого поля (рис. 9, а) и изображения, стабилизированного относительно сетчатки (рис. 9 б).

Как известно, в условиях свободного рассматривания объектов дрейф является неотъемлемым компонентом фиксации взгляда. Он совершается в пределах зоны до 30 угловых минут со средней скоростью 5—6 угл. мин/сек,



Рис. 9. Записи движений глаз
а) при восприятии пустого поля
б) при восприятии изображения, стабилизированного относительно сетчатки

прерываясь время от времени маленькими произвольными скачками. При длительных фиксациях 97 процентов времени занимает дрейф и только 3 процента — скачки [15; 84].

В условиях рассматривания пустого экрана при ограничении поля зрения, а также при рассматривании изображений, стабилизированных относительно сетчатки, зона дрейфа больше, чем при фиксации взгляда в условиях свободного рассматривания. Но тип движений во всех трех случаях одинаков. Это — дрейф.

Можно предполагать, что дрейф возникает тогда, когда собственно визуальная стимуляция, поступающая в сенсорный канал зрительной системы, однообразна. При этом чем более однообразна стимуляция, тем интенсивнее дрейфовые движения. При фиксациях в условиях свободного рассматривания дрейф имеет небольшую зону и небольшую скорость. При рассматривании пустого поля и стабилизированного изображения, поскольку совершаемые движения не приводят к изменению зрительной стимуляции, он усиливается. То есть здесь проявляется принцип исключения обратной связи.

По-видимому, движения глаз приобретают направленный характер только тогда, когда поле зрения достаточно широко и обеспечивает возможность симультанного восприятия тех ориентиров (точек, объектов), по которым осуществляются эти движения и когда совершаемое движение приводит к изменению собственно визуальной стимуляции. Только при этом условии и может формироваться программа движений глаз, а также корректироваться по ходу решения той или иной задачи. Характеристики движений глаз в этих условиях, как известно, существенно отличаются от тех, которые регистрируются при восприятии пустого поля или стабилизированного изображения. Движения глаз при свободном рассматривании объектов складываются в основном из скачков и фиксаций; плавные скользящие движения там отсутствуют, а слабый дрейф наблюдается только во время фиксаций [15].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В основе движений глаз лежит рефлекторный механизм; они регулируются визуальными сигналами, поступающими на сенсорный вход зрительной системы.

Во взаимодействии глазодвигательной и собственно зрительной систем действуют принципы как прямой, так и обратной связи. В силу этого не

только зрительная стимуляция определяет направление, скорость и траекторию движения, но и каждое совершенное движение приводит к изменению зрительной стимуляции.

Конечно, это только элементарный исходный уровень механизма регуляции движений глаз, на котором в процессе жизни человека надстраивается колоссальная система более высоких уровней. И эти — более высокие — уровни безусловно влияют на характеристики движений глаз, нередко как бы затушевывая исходный уровень.

Если иметь в виду исходный уровень регуляции движений глаз, то, по-видимому, их основной функцией является перемещение собственно визуального канала, его наведения на объект, т. е. перевод взгляда.

Поскольку глазодвигательная система имеет две степени свободы, движение проекции зрительной оси может осуществляться практически по любой траектории на плоскости. Возможные способы реализации основной функции движений глаз практически бесчисленны. Вводимые в том или ином случае ограничения определяются только условиями зрительной стимуляции и конкретной задачей, стоящей перед наблюдателем. При выполнении некоторых задач (например, обвести взглядом контур предмета) траектория движений глаз может, конечно, повторить, воспроизвести контур рассматриваемого объекта. Но это — весьма частный, весьма специальный и не типичный случай. Такое воспроизведение выступает лишь как следствие особым образом организованных движений глаза, как производное от их основной функции.

Вопрос об уровнях регуляции движений глаз и их механизме требует, конечно, специального исследования.

Немаловажная функция движений глаз состоит, вероятно, также в том, что они позволяют преодолевать ограничения, обусловленные особенностями оптической системы глаза (например, искажения изображения, получаемого на сферической поверхности) и физиологическим режимом работы его чувствительных элементов (например, адаптация).

В зависимости от зрительной задачи (вообще от задачи, решение которой предполагает зрительное восприятие) основная функция движений глаз реализуется в контексте различных видов деятельности: поиска, ориентировки, определения местоположения объекта, измерения, счета объектов, опознания и т. д. Но для того чтобы выполнять эти действия, необходимо зрительное simultанное восприятие той зоны, в которой они выполняются (чтобы искать что-то, нужно видеть зону поиска). Не движения глаз являются условием видения, а, напротив, видение является условием их организации.

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Ананьев Б. Г., Веккер Л. М., Ломов Б. Ф., Ярмоленко А. В. Осязание в процессах познания и труда. М., Изд-во АПН РСФСР, 1959.
2. Андреева Е. А. Исследование зрительной системы в условиях ограниченного поля зрения. Международный симпозиум по проблеме «Переработка зрительной информации и регуляции двигательной деятельности». София, 1969.
3. Веккер Л. М. Восприятие и основы моделирования. Изд-во ЛГУ, 1962.
4. Веккер Л. М. Об осязательном образе как регуляторе движений руки. «Ученые записки ЛГУ», № 203, 1956.
5. Веккер Л. М. О некоторых вопросах теории осязательного образа. Материалы совещания по психологии. М., Изд-во АПН РСФСР, 1957.
6. Венгер Л. А. О некоторых способах восприятия пространственных свойств предметов в условиях ограниченного поля зрения. Проблемы восприятия пространства и времени. Л., 1961.
7. Запорожец А. В., Зинченко В. П., Венгер Л. А., Рузская А. Г. Восприятие и действие. М., Изд-во «Просвещение», 1968.
8. Зинченко В. П., Вергилес Н. Ю. Формирование зрительного образа. Изд-во МГУ, 1969.

9. Зинченко В. П., Ломов Б. Ф. Сравнительный анализ движений руки и глаза в процессе восприятия. Сб. «Проблемы восприятия пространства и пространственных представлений». Л., 1959.

10. Зинченко В. П., Ломов Б. Ф. О функциях движений руки и глаза в процессе восприятия. «Вопросы психологии», 1960, № 1.

11. Зинченко В. П., Рузская А. Г. Сравнительный анализ осязания и зрения. Сообщение 2. Особенности ориентировочно-исследовательских движений глаза у детей дошкольного возраста. «Доклады АПН РСФСР», 1960, № 2.

12. Ломов Б. Ф. Об измерительной функции анализаторов. Сб. Проблемы восприятия пространства и пространственных представлений. М., Изд-во АПН РСФСР, 1961.

13. Лурия А. Р., Правдина-Винарская Е. Н., Ярбус А. Л. К вопросу о механизмах движений глаз в процессе восприятия их патологии. «Вопросы психологии», 1961, № 5.

14. Сеченов И. М. Избранные философские и психологические произведения. М., Госполитиздат, 1947.

15. Ярбус А. Л. Роль движений глаз в процессе зрения М., Изд-во «Наука», 1965.

16. Ломов Б. Ф. About Reflex Mechanisms of Palpable Perception. «Kongress für Psychologie». North — Holland Publishing Company, Amsterdam, 1962.

ON THE FUNCTIONS OF EYE MOVEMENTS IN THE PROCESS OF VISUAL PERCEPTION

E. A. Andreeva, N. Ju. Verghiles, B. F. Lomov

Summary

The experiments with the artificially limited field of vision (with the aid of a special sucker fixed on the eye) showed that the eye movements are closely connected with such a visual information as may be simultaneously perceived by man. Neither the image construction, nor the measurement of spatial characteristics may be related neither to the proprioceptual information coming in as a result of eye movements, nor to the central stimulation of these movements. The reflex mechanisms underlie the eye movements. The eye movements are regulated by the visual signals coming to the sensory input of the visual system.

Depending on the type of a visual problem (in general, on the problem, the solution of which presupposes visual perception), the main function of eye movements is realized in the context of various kinds of activity: search, orienting, the determination of object position, measurement, the counting of objects, recognition, etc.). However in order to perform this activity, the visual simultaneous perception is necessary of the zone in which they are performed (in order to search for something, one should see the zone of search). It is not the movements that are the condition for seeing, but, on the contrary, the seeing is the condition for the organization of these movements.

