

К ВОПРОСУ О СОДЕРЖАТЕЛЬНЫХ ХАРАКТЕРИСТИКАХ РЕЗУЛЬТАТОВ ГЛАЗОДВИГАТЕЛЬНОЙ АКТИВНОСТИ

Абушкин Б.М., МГПУ, Москва

Анализируется роль движения глаз в исследовании познавательных процессов. Показана возможность применения метода анализа показателей глазодвигательной активности в качестве индикатора психических процессов и состояний человека. Представлены результаты исследований взаимосвязи между показателями глазодвигательной активности, характеризующими мыслительную деятельность, и параметрами продуктивности познавательных процессов на примере разных профессиональных групп испытуемых.

Ключевые слова: глазодвигательная активность; операциональные саккады; перцептивные процессы.

Введение

Внедрение современных аппаратных и измерительных технологий в практику исследования психических процессов открывает новые возможности для развития психологии. Это утверждение особенно актуально для исследования процессов зрительного восприятия.

Проблема движений глаз имеет давнюю историю, но ее интенсивная экспериментальная разработка началась с середины 1950-х г.г. с появлением разнообразных технических средств регистрации глазодвигательной активности.

В настоящее время исследования движений глаз ведутся по разным направлениям, однако одной из ключевых, по-прежнему, остается проблема роли движений глаз в познавательных процессах. Многочисленными исследованиями показана возможность использования движений глаз в качестве индикатора психических процессов и состояний человека [4,7,12,15,21]. В связи с этим было проведено исследование с использованием специализированной аппаратуры регистрации глазодвигательной активности и компьютерных технологий обработки информации, посвященное разработке как метода исследования психологических особенностей зрительной деятельности субъекта и подтверждения его валидности для исследования психической деятельности, так и выявлению и обоснованию показателей зрительной деятельности.

В работе ставилась задача экспериментально исследовать и показать, что существует взаимосвязь между показателями глазодвигательной активности, характеризующими зрительную деятельность и параметрами продуктивности познавательных процессов. Показатели зрительной деятельности являются высокочувствительными к содержанию, про-

изводительности и качеству выполнения внешней предметной деятельности и к разнообразным воздействующим на человека внутренним и внешним факторам. В качестве методологической основы исследования использовался принцип деятельности, утверждающий необходимость изучения познавательных процессов, в частности восприятия, внимания и мышления, через внешне выраженные формы поведенческой активности в контексте различных практических видов деятельности [1,6,10,14,17,20]

Быстротечность и свернутость процессов восприятия нашла свое отражение в понятии «образ». Проблема образа наиболее полно рассматривается в работах Н. Д. Заваловой и В. А. Пономаренко на основе теоретического анализа работ П. К. Анохина, Н. А. Бернштейна, Б. Ф. Ломова, А. В. Запорожца, В. П. Зинченко и др. [12,14]. Понятие «образ» отражает тот факт, что в познавательных процессах (восприятии, памяти, представлении, воображении и мышлении) особая, объединяющая роль принадлежит зрительной системе человека. При этом, большая часть различной информации, используемая для регуляции действия, имеет свойства оперативности, или тонкой приспособляемости к условиям деятельности. В ходе принятия решения на сенсорном уровне формируются критерии предпочтительности целей, результатов и способов действий [9,10].

В обычных житейских и производственных ситуациях проявляются наиболее характерные для человека стратегии преодоления проблемы, привычные для человека способы мышления. Доминирующие способы мышления являются устойчивой характеристикой личности [17]. Перцептивные процессы с их сложной, противоречивой структурой являются не только продуктом индивидуального развития, но и

одним из его факторов. Широко и разносторонне рассматриваются В. Д. Шадриковым свойства психических (познавательных) процессов как характеристики продуктивности, отражающие их связи с эффективностью внешней деятельности (по параметрам производительности, качества и надежности) [20]. С позиций системной структуры деятельности Б. Н. Рыжов определяет продуктивность психической деятельности как совокупность трех параметров: сложности образуемых системных связей, объема перерабатываемой информации и темпа деятельности [18].

Нейрофизиологические исследования, проведенные В. Д. Глезером, опирающимся на представление о тесной взаимосвязи и даже тождественности зрительных и мыслительных процессов, показали, что в самом общем плане высшие уровни зрительной системы используют для совместной работы два механизма: один опознает образ инвариантно к его конкретной реализации, затем устанавливает, какие конкретные характеристики имеет предъявленное изображение. Второй механизм поставляет сведения для описания таких характеристик его как протяженность, движение, контраст и т.д.

Эти два основных механизма — следствие строения мозга, который развивался в эволюции так, что сформировались механизмы, один из которых служит для описания предметов, для их классификации, а другой — для описания отношений между ними. Благодаря их единству детальный анализ, осуществляемый с помощью движений глаз, приобретает необходимую изначальную организацию [7,8].

Основной формой движений глаз являются саккадические (скачкообразные) движения. Внимание уделяется анализу движений глаз при чтении, рассматривании картин, выполнении сложных зрительных задач. В работах Л. Л. Ярбуса, Ю. Б. Гиппенрейтер, В. А. Пономаренко, Д. Н. Завалишиной и др. показано, что траектория движений глаз привязана к конфигуративным и другим физическим особенностям объектов, однако она, прежде всего, определяется их содержанием: степенью новизны, привлекательности, неопределенности, информативности для наблюдателя; в ней отражаются привычки и опыт субъекта, его эмоциональное состояние, и все эти факторы в целом находятся под контролем решаемой субъектом задачи [7,8,13,16,21]. В работах Н. Д. Гордеевой, В. П. Зинченко, В. Н. Мунипова, В. Н. Гордона, А. Р. Лурия, В. Д. Глезера показано, что изучение психической деятельности может проходить через изучение реальных

форм движения и прежде всего глазодвигательной активности в процессе решения задач [5,7,8,12,15]. Многочисленные работы зарубежных исследователей посвящены сбору разнообразных эмпирических данных с введением локальных понятий и зависимостей, фиксирующих отдельные стороны или аспекты изучаемого процесса [22-26]. Во многих работах показана тесная связь между глазодвигательной активностью и психической деятельностью (познавательными процессами) [3,11,19,22,23,26].

Экспериментальные исследования глазодвигательной активности человека при выполнении им разной профессиональной деятельности

Во время экспериментальных исследований осуществлялся анализ различных показателей глазодвигательной активности (ГДА) и оценивалась возможность их использования для характеристики временных, точностных и содержательных аспектов продуктивности познавательных процессов у испытуемых в ходе выполнения ими профессиональной деятельности.

Глазодвигательная активность зрительной системы рассматривалась как зрительная деятельность, поскольку речь идет о предметно обусловленных целенаправленных переносах взгляда, связанных с внешней предметной деятельностью (как последовательной совокупностью операций и действий) и организующих психическую деятельность.

Экспериментальные исследования включали в себя работу с разными профессиональными группами. На первом этапе исследовалась профессиональная деятельность летчика. На этом этапе был проведен содержательный качественный и количественный анализ первичных данных глазодвигательной активности летчиков при выполнении ими жестко регламентированной (и, значит, сопоставимой) деятельности по посадке самолета. На основе полученных данных был разработан метод исследования зрительной деятельности, который в дальнейшем на втором этапе был применен для анализа деятельности машинистов электропоездов, водителей автомобилей и доработан с учетом особенностей каждого вида профессиональной деятельности.

Был исследован и обобщен большой массив первичных данных глазодвигательной активности (*около 400 тыс. фиксаций положения метки взгляда*). Выделены существенные

устойчивые проявления и зависимости, характеризующие зрительную деятельность человека.

Регистрация переносов взгляда осуществлялась с использованием принципа видеозаписи отраженного блика от зрачка глаза и цифрового преобразования поворотов глазного яблока в метки взгляда в координатах видимого поля (Рис. 1). В качестве измерительной аппаратуры использовался «Регистратор направления взгляда» (Eye mark recorder), изготовленный в Японии, представляющий из себя легкий оголовник с микротелекамерами, устанавливаемый на голову человека.

Разработке конкретных механизмов обра-

ботки и преобразования первичной цифровой записи глазодвигательной активности испытуемого предшествовал комплексный содержательный анализ первичных эмпирических данных о перемещении взгляда:

1. Визуальный просмотр и качественный анализ видеозаписи о характере перемещения взгляда в пределах зрительного поля. При этом подсчитывалось количество нецелевых отвлечений взгляда, количество уходов метки глаза из контролируемой зоны (за счет возможных смещений оголовника Регистратора), количество морганий (при этом на мгновение исчезает блик и метка глаза).

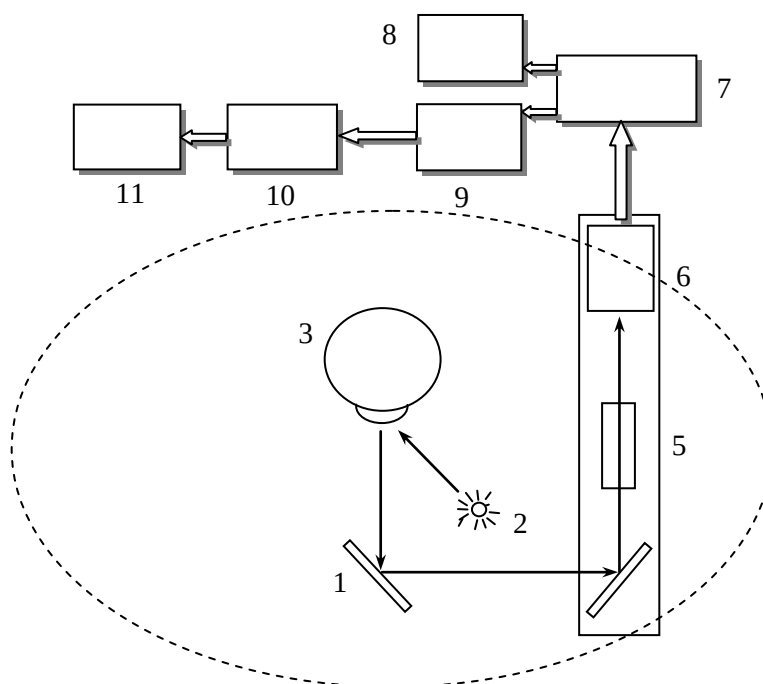


Рис.1. Блок-схема устройства для регистрации направления взгляда человека: 1– полупрозрачное зеркало; 2 – светодиод; 3 – глаз человека; 4 – зеркало; 5 – оптическая система; 6 – матрица светочувствительных элементов; 7 – блок преобразования; 8 – видеокамера; 9 – видеомagneтофон; 10 – блок цифровой обработки данных; 11 – ПК

2. Обобщенный анализ структурной и временной диаграмм распределения взгляда, представленных в координатах зрительного поля и во временных координатах с целью получить общее представление о саккадической активности глаза, характере распределения внимания и особенностях других видов движений глаз.

В ходе анализа в качестве составляющих зрительной деятельности были выделены, на фоне незначительных (коррекционных) саккад, микросаккад и прослеживающих движений глаза, выраженные саккады и фиксации-

ные паузы между ними, имеющие характерную предметную направленность. Эти саккады названы «операциональными саккадами», поскольку они являются непосредственной характеристикой целенаправленных психических актов.

На начальном этапе обработки первичной информации о глазодвигательной активности были разработаны процедуры «фильтрации» для выделения именно этих операциональных саккад. При этом учитывались следующие особенности работы зрительной системы.

Существенной характеристикой саккад яв-

ляются временные интервалы их следования. Каждая саккада формируется с задействованием разных уровней мозговых структур. Для разных уровней латентное время составляет в среднем 200, 100 и 50 мс.

На уровне психологических образов ясное восприятие объектов, попавших в фовеа глаза, охватывает угловую область в $2 - 3^\circ$, поэтому все последовательные саккады, не выходящие из этой области, можно вводить в состав одной длительной фиксации взгляда до тех пор, пока очередная саккада не переместит взгляд на расстояние, превышающее область ясного видения.

Работа глазодвигательной системы как части зрительной системы отражает разные функциональные уровни. *Микроуровень.* Основными являются физиологические механизмы работы зрительной системы, непосредственно связанные с уровнем активации нервной системы. *Функциональный уровень.* Основное – механизмы восприятия, обусловленные морфологией и генотипическими свойствами нервной системы. *Уровень операциональных саккад.* Доминируют механизмы произвольного целенаправленного перемещения взгляда, отвечающие задачам предметной деятельности и выработанные в процессе практического оперирования объектами (индивидуальный социальный опыт).

Вычлененная из общей глазодвигательной активности последовательность операциональных саккад подвергалась затем статистическому и содержательному анализу. Были выделены следующие показатели зрительной деятельности:

1. Средняя длительность фиксации взгляда (СДФ;с.). Интегрально характеризует напряженность и динамику психической деятельности по отношению к средненормативному диапазону для конкретного теста.

2. Разброс СДФ. Характеризует напряженность психической деятельности. Чем меньше величина, тем менее напряжено произвольное внимание, тем естественней восприятие. Ведущим процессом является автоматия переносов взгляда.

3. Плотность распределения взгляда. На фоне показателя СДФ определяет длительностей фиксации темповые характеристики ГДА и как следствие, – динамику психических процессов и характер физиологических особенностей человека.

4. Объем фиксаций коррекционного типа (в %). Характеризует: скорость переноса взгляда (чем больше этих фиксаций, тем скорость

меньше) – темповая характеристика ГДА; потребность в промежуточной коррекции взгляда при его переносе в другую точку из-за неспособности его точного переноса.

5. Средняя амплитуда скачка по координатам X и Y отдельно (в градусах). Характеризует адекватность диапазона восприятия (переносов взгляда) предлагаемому сенсорному полю тестового задания.

6. Суммарное время контроля отдельных объектов (в %).

7. Выраженные индивидуальные особенности зрительной деятельности.

Доступные наблюдению выделенные показатели зрительной деятельности являются косвенными характеристиками как продуктивности познавательных процессов, так и механизмов произвольной регуляции деятельности. Если предметная деятельность выполнена с требуемым качеством (предусматривающим нахождение оптимальных путей выхода из проблемной ситуации), значит мыслительный процесс (количество задействованных информационных признаков, последовательность и эффективность оперирования ими, соотношение в использовании наличных, конкретных условий и дополнительных, извлекаемых из памяти и т.д.) можно рассматривать как адекватный поставленным в деятельности целям.

На Рис. 2. представлено поле обзора летчиков, находящихся на рабочем месте в кабине самолета, и координатная сетка с цифровым кодом, характеризующим положение метки глаза и обеспечивающим получение координат индикаторов приборной доски.

Анализ зрительной деятельности летчиков предусматривал, помимо получения основных статистических показателей, характеризующих особенности тех или иных пилотажных приборов и общих для всей группы летчиков, выявление также индивидуально-психологических особенностей летчиков (Табл.1)

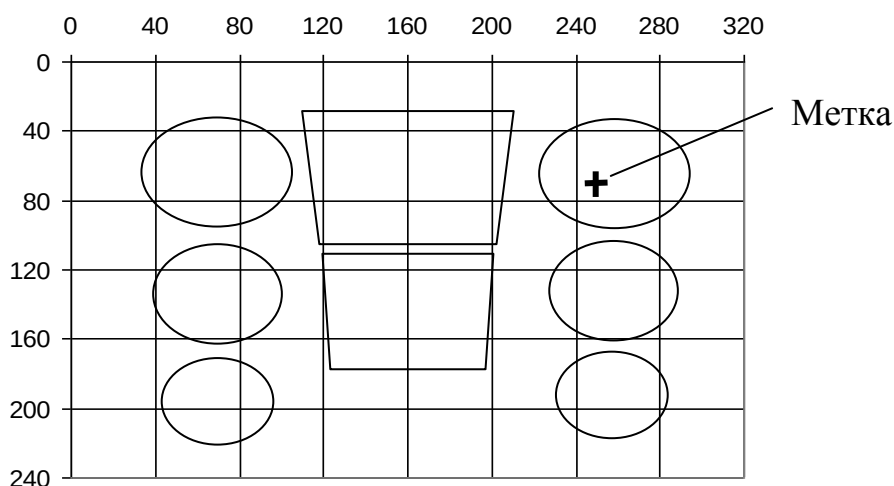


Рис.2. Поле обзора летчиков

Т а б л. 1.

Временные характеристики зрительной деятельности летчиков

Летчики	Кол-во фиксаций (ед/мин)	Средняя длительность фиксаций (с) $M \pm m$	Относительное суммарное время фиксации (%)	Перерывы между фиксациями (с)
1	4,80	$0,48 \pm 0,019$	3,97	11,47
2	10,13	$0,51 \pm 0,022$	8,63	5,95
3	13,19	$0,51 \pm 0,036$	11,27	4,43
4	8,19	$0,75 \pm 0,042$	10,47	7,13

Анализ показателей распределения внимания показал существенные различия в индивидуальном стиле деятельности летчиков по средней длительности фиксации взгляда на индикаторах и относительному суммарному времени фиксации взгляда на индикаторах. Анализ средней длительности фиксации взгляда выявил, что индивидуальные различия летчиков при работе на одних и тех же индикаторах достигают величин 0,2 – 0,25 с.

Использование показателей ГДА, таким образом, может рассматриваться как необходимое условие формирования объективных и достоверных оценок в ходе эргономических исследований и, в частности, для задач моделирования различных функциональных состояний летчиков и неблагоприятных факторов при работе на пилотажных тренажерах.

В качестве примера представлены пространственно-структурные диаграммы (Рис. 3) распределения взгляда летчика на индикаторах приборной доски при выполнении им посадки самолета. При построении простран-

венных и временных диаграмм распределения взгляда в качестве эпохи анализа использовались отрезки времени длительностью примерно 30 с. (900 – 1000 зарегистрированных показателей метки глаза).

Представленное распределение внимания (Рис. 3) со всей очевидностью отражает характер изменения содержания деятельности летчика при выполнении посадки самолета. Основные зоны распределения внимания летчика связаны с решением текущих разнородных взаимно обусловленных задач пилотирования. На графике (Рис. 3) отображены 1000 зафиксированных текущих значений метки глаза (фиксаций), которые распределились по отдельным функциональным зонам. Взгляд в каждой из этих зон направлен на конкретный пилотажный прибор, однако из-за незначительных (коррекционных) саккад, микросаккад и прослеживающих движений глаза, связанных с качанием головой эти зоны занимают некоторую пространственную область.

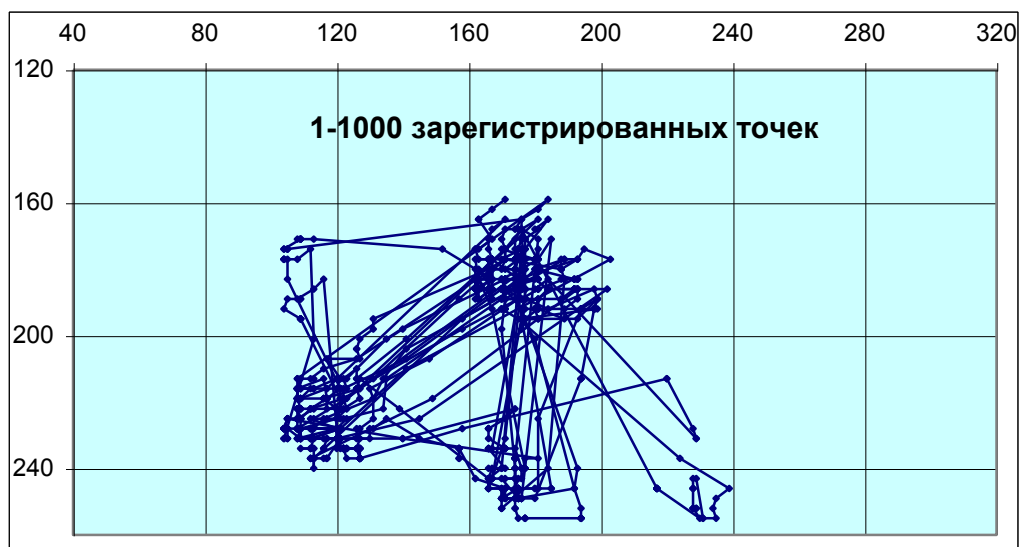


Рис. 3. Структурная диаграмма распределения взгляда летчика в интервале времени 34 с. в процессе пилотирования самолета на этапе посадки

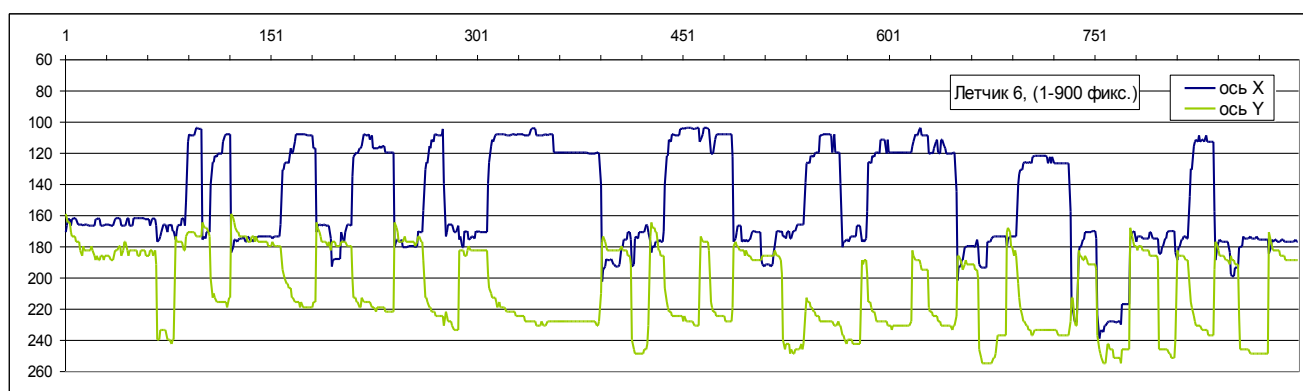


Рис. 4. Временная диаграмма движений глаз летчика в процессе пилотирования самолета на этапе посадки (отрезок 30 с.)

Дополнительную аналитическую информацию о характере ГДА можно получить исходя из анализа временных диаграмм (Рис.4). На этих диаграммах в первую очередь обращают на себя внимание саккады большой амплитуды, связанные с переносом взгляда из одной функциональной зоны в другую.

Деятельность летчика имеет выраженную информационную насыщенность, поэтому рассмотренный нами пример зрительной деятельности наиболее четко и полно отражает операционный, предметный характер этой деятельности. Выраженные саккады и фиксационные паузы между ними, имеющие характерную предметную направленность, были названы нами «операционными саккадами», поскольку они являются непосредствен-

ной характеристикой осознаваемых психических актов, сопровождающих внешнюю предметную деятельность.

Структурная и временная диаграммы последовательных временных отрезков деятельности машиниста скоростного электропоезда представлены на Рис. 5 и Рис. 6.

Сравнительный качественный анализ зрительной деятельности машиниста и летчика позволяет выделить как общие компоненты зрительной деятельности, так и характерные различия ввиду разного содержания внешней деятельности. У машиниста меньше информационных зон внимания, они имеют совершенно другое смысловое значение в структуре профессиональной деятельности. На структурных диаграммах (Рис. 3 и 5) можно оце-

нить какие объекты попали в зону внимания, примерную последовательность маршрутов переносов взгляда, общий характер саккадической активности глаза (размах саккад, наличие коррекционных саккад, влияние поворотов головы, сопровождающих большие по угловой величине саккады, наличие небольших, «уточняющих» саккад, случайные переносы взгляда)

Структурная и временная диаграммы распределения взгляда водителя автомобиля при движении по дороге в условиях города представлены на Рис. 7 и Рис. 8.

Проведенный анализ зрительной деятельности для разных профессий показал, что при всем многообразии двигательных реакций глаза возможно выделение вполне определенного уровня, отражающего в первую очередь операциональную саккадическую активность глаза, а, в рамках этой активности – операционно значимую саккадическую активность.

Первичный материал – последовательность цифровых координат метки глаза, фиксируемых каждые 0,03 с., доступен только для целостного качественного анализа особен-

ностей зрительной деятельности человека, когда эти данные представлены в графической форме.

На этапе программной обработки исходной записи и выделения функциональных саккад компьютер выполняет ряд операций, направленных на вычленение, фильтрацию и объединение мелких саккад, имеющих физиологический смысл, при этом учитывались следующие соображения.

Общей особенностью работы глазодвигательной системы является то, что переносы взгляда – саккады происходят с очень большой скоростью (фактически предельно доступной для мышечной системы глаза) безостановочно до выбранной заранее точки в окружающем пространстве. Причины, связанные с выбором этой точки, лежат как вовне мозга и вызываются значимыми для человека раздражителями любой модальности, так и внутри, обусловленные логикой решения проблемной ситуации. Исследованию этих причин и механизмов было посвящено большое количество работ разных авторов [3,5,7,13,21,22,24].

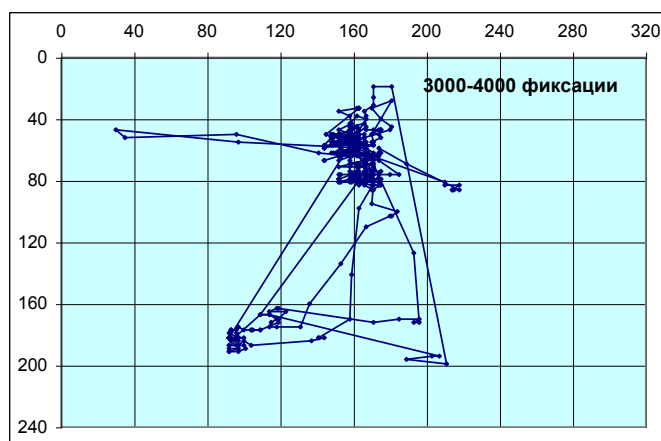


Рис. 5. Структурная диаграмма распределения взгляда машиниста электропоезда при движении со скоростью более 100 км/час

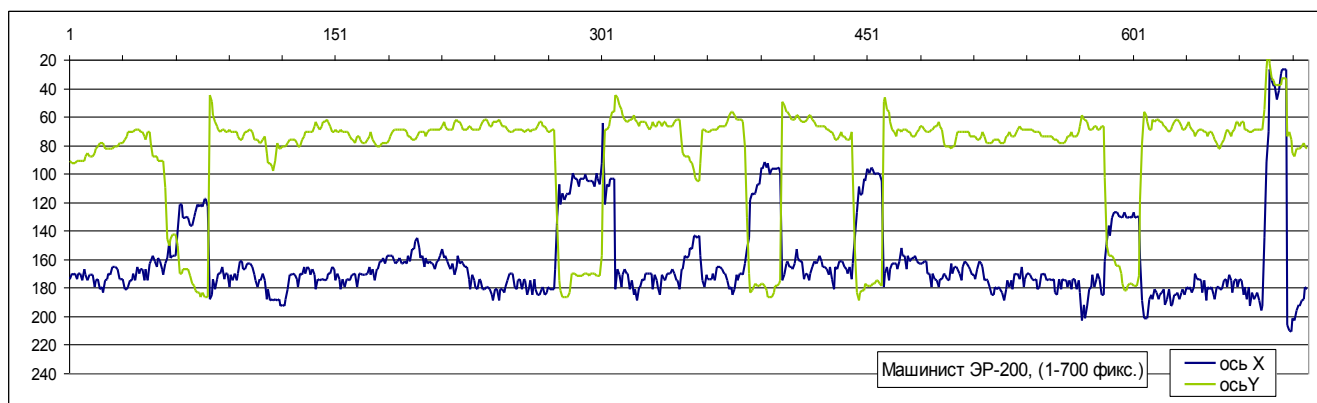


Рис. 6. Временная диаграмма фиксации взгляда машиниста электропоезда

В идеале движения глаз представляют из себя последовательные саккады и фиксационные паузы между ними, когда фовеа глаза обращена к конкретному объекту зрительного поля. Основным для нас является тот момент, что точки остановки саккады не обязательно совпадают с местоположением внешнего раздражителя, вызвавшего перенос взгляда, за ними могут следовать или более мелкие вновь сформированные «коррекционные» саккады в заданную точку пространства или же цепочка мелких саккад, больше связанных с исследованием близко расположенных пространственных элементов раздражителя.

Особенности глазодвигательной системы, как физиологической функциональной системы дополняют эту картину движений глаз добавочными движениями, имеющими разную природу и назначение. В первую очередь это

микросаккады – малоамплитудные, высокочастотные колебания глазного яблока, постоянно присутствующие на общем фоне двигательной активности глаза. Еще один вид движений глаз связан с сопровождением фовеа глаза движущихся объектов. Такое сопровождение не есть непрерывное плавное перемещение глазного яблока вокруг своей оси, а представляет собой «ступеньки лестницы» состоящей из мелких саккад и фиксационных пауз. Такое перемещение взгляда за движущимся объектом называется нистагм. Аналогичное движение формируется в условиях когда объект неподвижен, а движется сам глаз. Формами такого движения могут быть перемещения человека в пространстве или просто повороты головы при фиксации взглядом объекта.

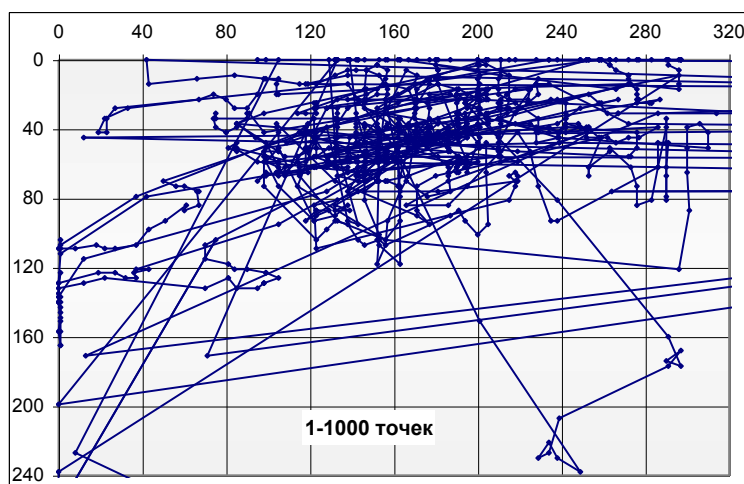


Рис. 7. Структурная диаграмма распределения взгляда водителя автомобиля

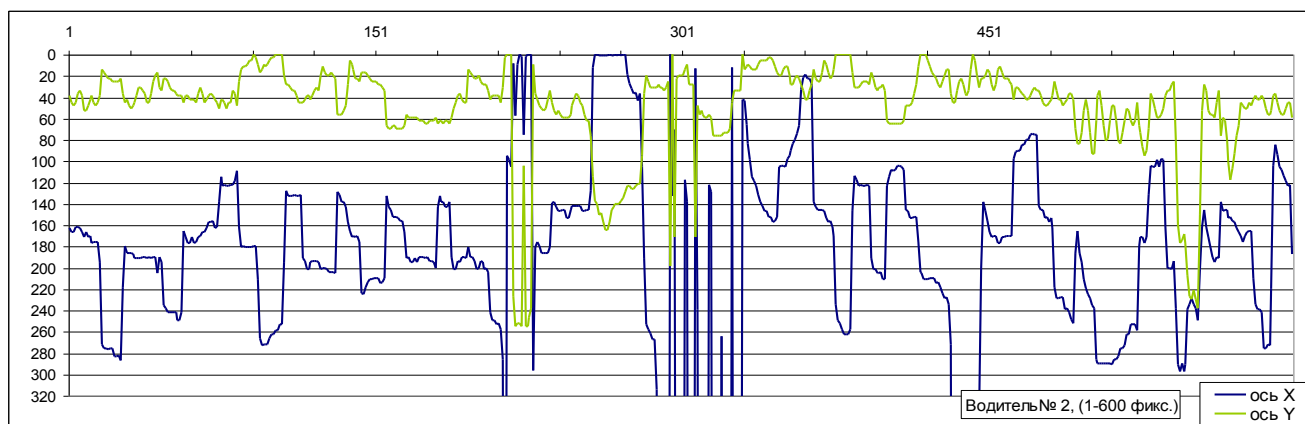


Рис. 8. Временная диаграмма фиксаций взгляда водителя автомобиля при движении по дороге

Еще одним характерным различием между внешне схожими саккадами являются временные интервалы их следования. Каждая саккада формируется с задействованием разных уровней мозговых структур. Рис. Б. М. Величковский [5] придерживается следующего представления о микрогенезе зрительного образа предмета. Вначале за время меньшее, чем 100 мс, осуществляется его локализация в трехмерном пространстве и времени. Перцептивная спецификация одной или нескольких областей, локализованных ранее, осуществляется затем за время 100—200 мс. Она может включать сведения о величине, общих пропорциях, ориентации, кривизне и прямолинейности внешних контуров. Несколько позднее (200—300 мс) становится возможным инвариантное восприятие внутренней геометрии предмета.

Отсюда следует, что если длительность фиксационной паузы менее 0,2 с., то данный конкретный перенос взгляда не может выступать в качестве структурной единицы обеспечения осознаваемой мыслительной деятельности. Вместе с тем, такое скрупулезное следование за каждой саккадой не является необходимым если речь идет о целенаправленной внешней деятельности как последовательной совокупности действий и операций, имеющих существенно более длительные интервалы от начала до завершения и где роль зрительной системы, с одной стороны, информационное обеспечение психической деятельности, а, с другой стороны, материальное, физическое наполнение идеальных по целям и смыслу мыслительных действий.

На уровне психологических образов ясное восприятие объектов, попавших в фовеа глаза охватывает угловую область в $2 - 3^\circ$, поэтому интервалы времени между всеми последовательными саккадами не выходящими из этой области можно ввести в состав одной длительной фиксации взгляда до тех пор, пока очередная саккада не переместит взгляд на расстояние, превышающее область ясного видения.

Работа глазодвигательной системы как части зрительной системы отражает разные уровни задействования мозговых структур.

1. Микроуровень. Основными являются физиологические механизмы работы зрительной системы, непосредственно связанные с уровнем активации нервной системы, а также с мотивационным компонентом деятельности, психической напряженностью и эмоциональным реагированием на условия деятельности. Центральный механизм — микросаккады, со-

провожающие всю зрительную деятельность.

2. Функциональный уровень. Основное — механизмы восприятия, обусловленные морфологией и генотипическими свойствами нервной системы. Диагностируются динамические аспекты работы нервной системы и непроизвольные компоненты внимания (объем «стабильных» фиксаций; все случаи нецелевого отвлечения взгляда);

3. Уровень операциональных саккад. Доминируют механизмы произвольного целенаправленного перемещения взгляда, отвечающие задачам предметной деятельности и выработанные в процессе практического оперирования объектами (индивидуальный социальный опыт). Диагностируется содержание и направленность произвольной психической деятельности.

В разработанной программе вычисления все изложенные выше аспекты учитывались при обработке массива исходной информации и, соответственно, осуществлялась поэтапная его обработка.

На первом этапе статистической обработки рассматривались первые два из выделенных выше уровней. Глазодвигательная активность здесь отражает закономерности, обусловленные физиологической природой организма. С одной стороны, — это уровень активации (мобилизации) организма при выполнении деятельности, связанный со следующими причинами:

- мобилизация, связанная с мотивационной составляющей деятельности (произвольное внимание);
- активация как отражение сложности решения задач
- эмоциональное реагирование на разнообразные препятствия при решении задач и возможный неуспех деятельности.

С другой стороны, — это темповые характеристики, отражающие свойства нервной системы индивидуума и физиологические закономерности работы глазодвигательной системы (латентное время задержки скачков глаз, периодичность следования саккад, микросаккады и др.).

Статистическая обработка первичного оцифрованного движения метки глаза в координатах видимого поля в виду наличия множества разнонаправленных процессов возможна только в определенной части. К показателям, характеризующим именно этот аспект зрительной деятельности можно отнести следующие:

- среднестатистические показатели количества микросаккад в единицу времени;

– относительный объем «стабильных» фиксаций (устойчивых длительных фиксаций взгляда на фоне всех зарегистрированных саккад на первичной записи, не проходившей фильтрацию).

На втором этапе статистической обработки осуществлялось выделение операциональных саккад. Чтобы этот процесс мог выполнять компьютер необходимо было проделать ряд предварительных операций, направленных на вычленение и объединение мелких саккад, имеющих физиологический смысл. Объединялись все смещения метки в пределах угловой зоны $1,5^\circ$ (8 ед. в цифровых координатах). Выбор этого уровня огрубления первичного материала осуществлялся на основании теоретических представлений о зрительном восприятии в области фовеа глаза (зоне ясного видения) и на основании собственных исследований характера перемещения метки глаза для разных уровней объединения смещений метки глаза в одну зону (в одну точку фиксации) с суммированием времени всех мелких перемещений внутри этой зоны. При этом также компенсировались плавные повороты головы и непроизвольные незначительные качания головой, которые вызывают не скачкообразные, резкие изменения координат, а смещение метки последовательными мелкими шагами, глаз при этом продолжает фиксировать выбранный объект.

Экспериментально анализировались уровни обобщения в пределах 1° , $1,5^\circ$ и 2° (6, 8, и 12 ед. в цифровых координатах). Алгоритм объединения последовательных смещений метки в выбранных выше пределах в одну фиксацию представляет из себя следующее. Время цифровых координат (фиксируемых каждые 0,03 с.) последовательно суммируется, определяя время одной общей фиксации до того момента, когда следующие цифровые координаты не выходят за выбранный предел (к примеру 8 ед.). Когда цифровые координаты отличаются более чем на 8 ед. начинается их новое суммирование в следующую фиксацию до следующего различия по одной из регистрируемых осей (X или Y) на величину превышающую 8 ед. и т.д.

Суммы длительностей микросаккад и плавных смещений метки трансформировались в общую длительность одной фиксации с координатами, усредненными по совокупности попавших в эту группу текущих координат положения метки. Была получена пространственная структура фиксаций взгляда для разных уровней обобщения (Рис. 9), отражающая описываемый выше алгоритм. Выстроенная

таким образом последовательность операциональных саккад подвергалась затем содержательному и статистическому анализу.

Выбранные количественные показатели в основном имеют статистическую природу и получены на основе обобщения большого массива данных зрительной деятельности по разным основаниям и выделением существенных устойчивых проявлений и зависимостей, косвенно характеризующих различные аспекты познавательных процессов. Эти показатели, рассматриваемые во взаимосвязи, характеризуют психологические особенности зрительной деятельности человека.

Вся совокупность регистрируемых показателей зрительной деятельности представляет из себя статистический «скелет», образованный из показателей пространственной архитектуры распределения взгляда и показателей временной динамики.

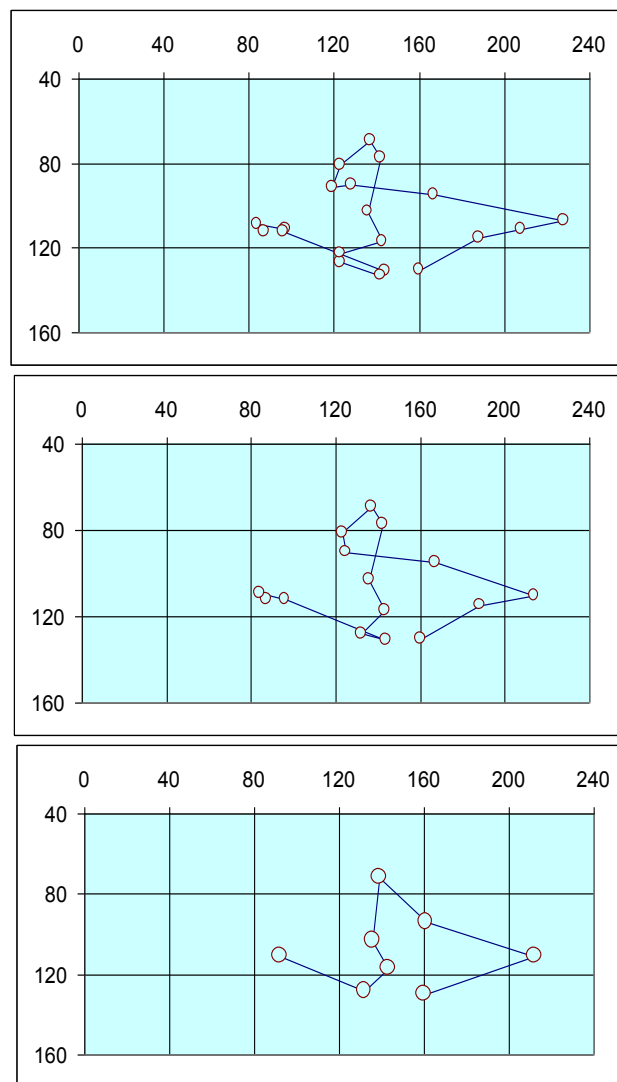


Рис.9. Уровни обобщения первичных данных в пределах 1° , $1,5^\circ$ и 2° (6, 8, и 12 единиц в цифровых координатах)

В качестве таких показателей нами рассматривались следующие:

- среднестатистические временные показатели фиксации взгляда на отдельных объектах, имеющих информационно-смысловое значение при разрешении проблемных ситуаций, и их частотное распределение (плотность распределения);
- общее количество переносов взгляда в единицу времени и количественные показатели обращения взгляда к конкретным объектам;
- количественные показатели переносов взгляда между конкретными объектами;
- объемы времени (в %), затрачиваемые на: перцептивные действия по оценке ситуации,

концентрацию внимания на конкретных зонах, мысленные представления и запоминания;

- среднестатистические пространственные характеристики переносов взгляда;
 - распределение суммарного времени контроля отдельных объектов (в % к общему времени);
 - структура распределения визуального внимания (в виде схемы с маршрутами).
- Одновременно исследовались выраженные индивидуальные особенности зрительной деятельности.

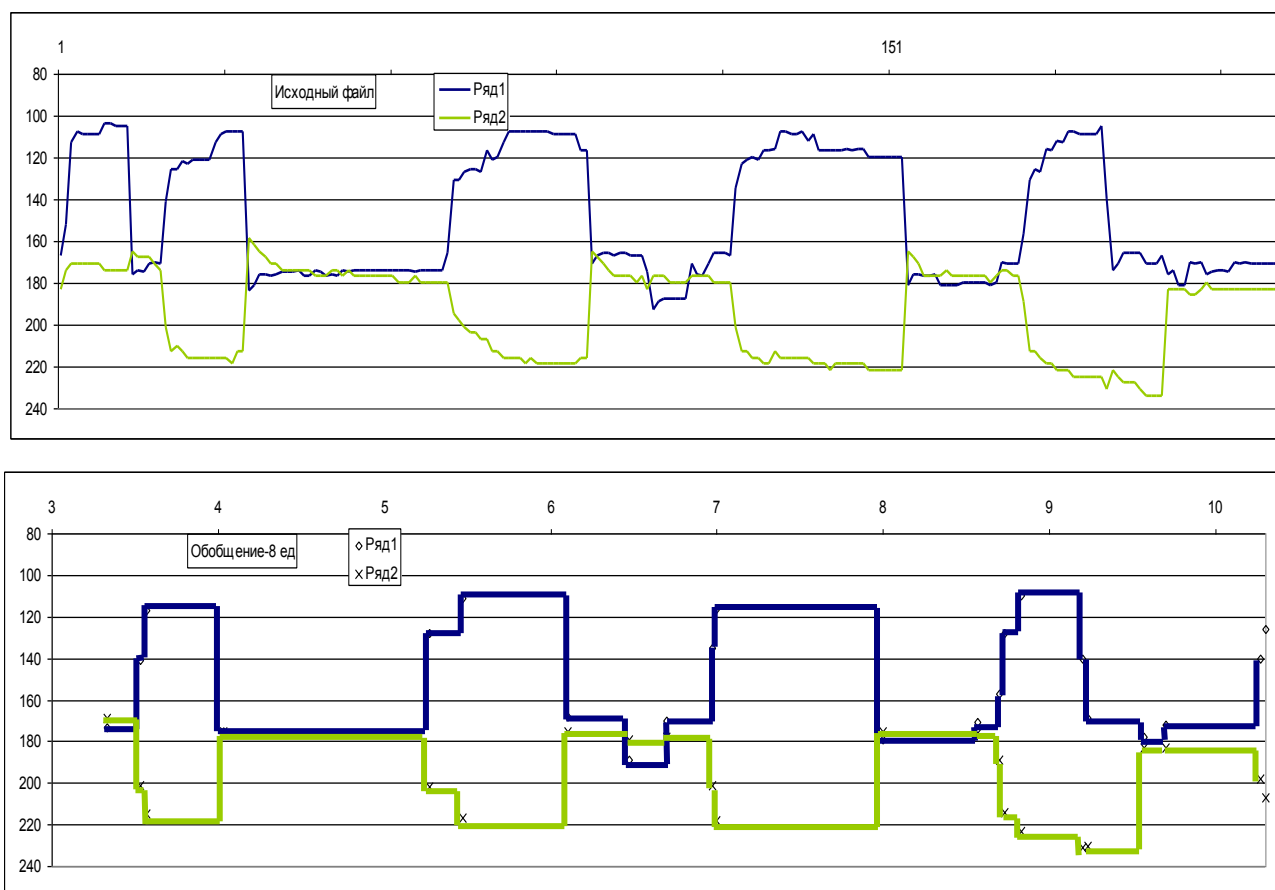


Рис 10. Временная диаграмма зрительной деятельности летчика.
(а – исходные данные; б – данные, прошедшие уровень обобщения в 8 ед).

Одним из назначений зрительной системы является обеспечение эффективной обратной связи в деятельности сенсомоторного типа, где основная задача сводится к обеспечению максимальной заданной точности выполнения конкретных исполнительных действий. Иными словами часть зрительных функций помимо отражения логики мыслительных действий

(выделение проблемы, анализа наличной информации, синтеза вариантов решения проблемы, принятия решения и его реализации) направлена на сенсорную координацию исполнительской части предметной деятельности.

Доступные наблюдению выделенные показатели зрительной деятельности являются косвенными характеристиками как мыслительно-

го процесса, так и механизмов произвольной регуляции деятельности. Если предметная деятельность выполнена с требуемым качеством (предусматривающим нахождение оптимальных путей выхода из проблемной ситуации), значит мыслительный процесс не столько в продуктивном, сколько в содержательном аспектах (количество задействованных внешних признаков, последовательность оперирования ими, соотношение в использовании наличных, конкретных условий и дополнительных, извлекаемых из памяти) можно рассматривать как адекватный поставленным в деятельности целям

Этот процесс в целях диагностирования уровня продуктивности познавательных процессов у конкретных индивидуумов можно рассматривать как «эталонный», понимая, что речь идет о доступных наблюдению и измерению косвенных характеристиках познавательных процессов, а именно, показателях зрительной деятельности.

За базовый критерий принимается среднестатистическое значение показателя для совокупности экспериментов, характеризующихся одинаковыми не осложненными условиями. Этот критерий характеризует режим нормальной зрительной деятельности человека. Всякое уменьшение значения этого показателя в конкретных экспериментах свидетельствует о наличии определенных условий, усложняющих деятельность человека. Завышенное значение показателя для конкретного прибора может рассматриваться как объективный критерий

повышенной трудности работы операторов с данным прибором.

Результаты исследований

Анализ зрительной деятельности летчиков предусматривал как получение основных статистических показателей, характеризующих непосредственно деятельность летчиков (в частности, четко регламентированную деятельность при выполнении посадки самолета), так и выявление критериев учета индивидуально-психологических особенностей их деятельности. Летчики должны были по приборам контролировать большое количество параметров, обобщать их и принимать необходимые решения. Зрительное внимание летчиков распределялось между приборами с учетом их общей значимости и назначения. На графике (Рис. 11.) представлены Данные по основному интегральному показателю – средней длительности фиксации взгляда на отдельных приборах представлены на Рис. 11.

В контексте работы интерес представляет величина показателя и наличие достоверных различий в длительности фиксации взгляда различных приборов. На графике вертикальными отрезками на каждом столбике вверх и вниз отложены доверительные интервалы для доверительной вероятности $P < 0,05$. В качестве величины, откладываемой вниз и вверх на этих отрезках, используется удвоенное значение стандартной ошибки среднего значения.

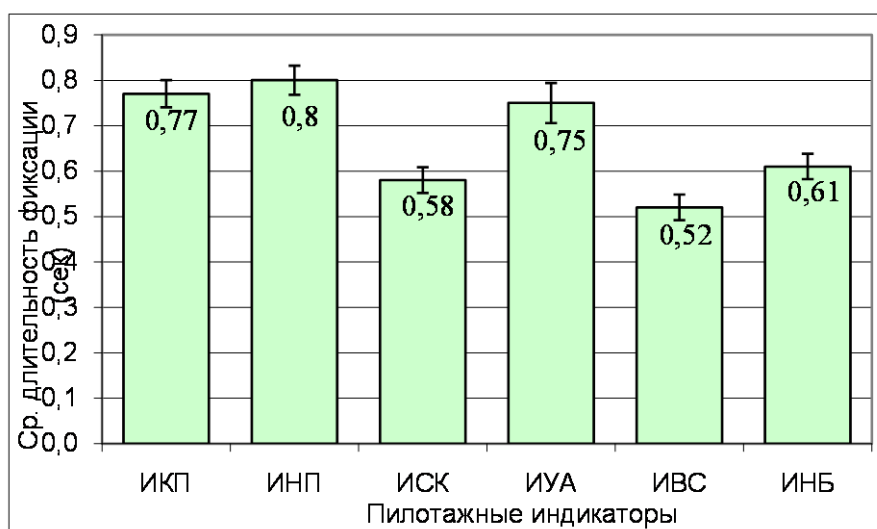


Рис.11. Средняя длительность фиксации взгляда летчиков на отдельных пилотажных индикаторах при выполнении посадки самолета (усредненные данные по 52 экспериментам)

Другим показателем, характеризующим структуру зрительной деятельности, была относительная суммарная длительность фиксации взгляда летчика на отдельных приборах. Этот показатель также оказался очень чувствительным к этапам полета и другим дополнительным факторам. Анализ представленных показателей рассчитанных для отдельных летчиков показал достоверные различия, отражающие: индивидуальный стиль мыслительной деятельности летчиков; текущее психофизиологическое состояние; изменения условий деятельности.

Деятельность машинистов электропоезда существенно отличается от рассмотренной выше деятельности летчиков. Основной задачей машиниста является выдерживание графика движения с учетом технического состояния поезда, напряжения контактной сети, и ограничений по светофору. Соблюдая ограничения машинист постоянно находится перед задачей намерения времени, чтобы выдерживать график. В плане зрительной деятельности машинист осуществляет непрерывный контроль за безопасностью движения (следит за состоянием пути, контактной сети, светофорами, встречными составами и т.д.), периодически

отвлекаясь на контроль приборов и предписаний в документах. Учитывая, что контролируемая область пространства, ввиду ее удаленности имеет малые геометрические размеры, машинисты вынуждены периодически переводить взгляд в сторону от контролируемого пространства. Так показания напольного светофора машинисты видят на расстоянии 2–3 км. При невысокой скорости движения у машиниста появляется резерв времени и его взгляд в этой ситуации менее детерминирован задачами. На графике (Рис.12.) представлены сравнительные среднестатистические данные по показателю средней длительности фиксации взгляда на двух участках движения с разными скоростями. Данные показатели отражают нормативные требования к деятельности машиниста и требования к продуктивным параметрам психической деятельности. При движении на высоких скоростях (более 120 км/ч) машинист тратит около 75% времени на контроль пути, при движении со скоростями вдвое меньшими – 65% времени.

В исследованиях также отмечена достоверность различий в показателях зрительной деятельности, связанная с условиями и содержанием деятельности машиниста.

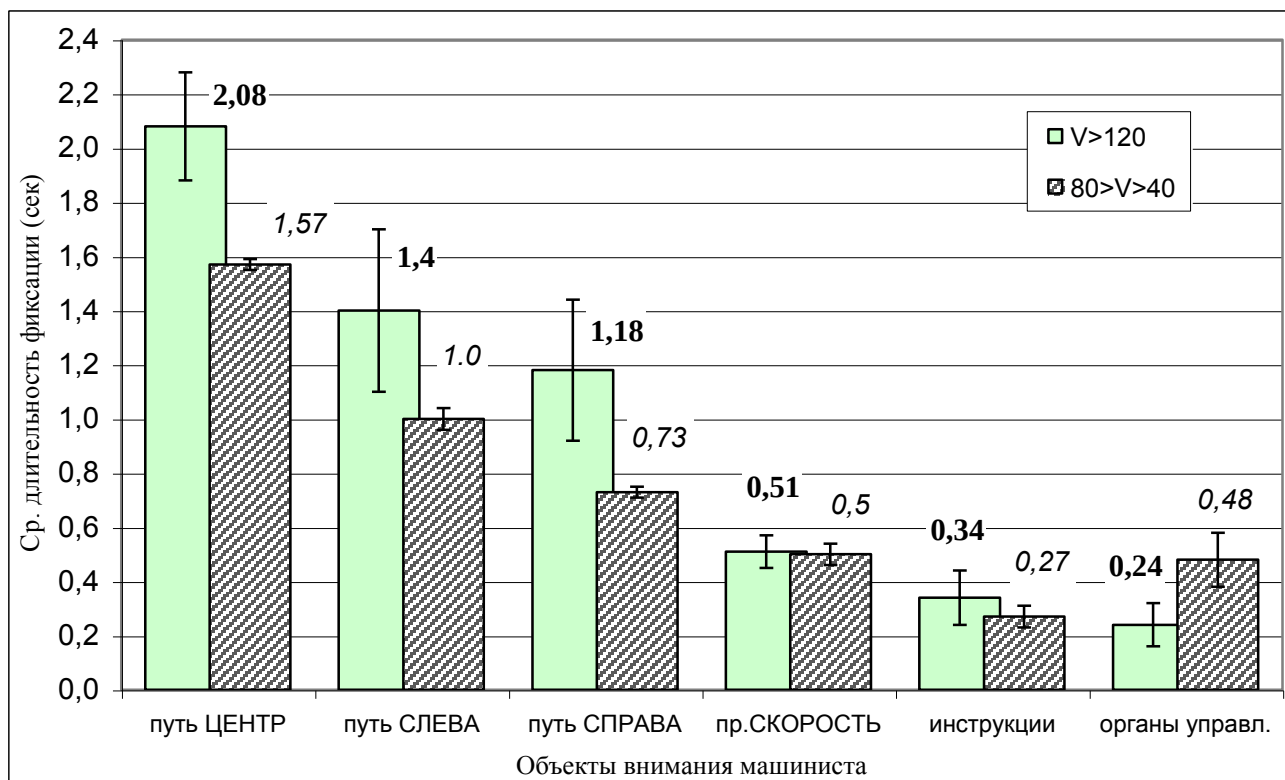


Рис. 12. Средняя длительность фиксации взгляда машиниста на отдельных объектах внимания при движении со скоростью более 120 км/ч и при движении с небольшой скоростью

Зрительная деятельность водителя исследовалась с привлечением разных водителей, разных автомобилей и для разных условий вождения. Были выбраны три дорожных участка: Домодедовское шоссе со специальным дорожным покрытием (выдерживалась скорость в среднем 140 км/ч); Каширское шоссе, дорожное покрытие неравномерное (выдерживалась скорость примерно 70 км/ч); городские улицы (средняя скорость 60 км/ч). Зрительная деятельность водителей на 88 – 97% времени связана с контролем дорожной ситуации. На графике (Рис.13) представлены данные по средней длительности фиксации взгляда на дорогу (по центру и справа), зеркала, и основные приборы (указатель скорости и тахометр). В исследовании также выявлены достоверные различия в средней длительности фиксации взгляда на дорогу при движении по разным участкам дороги. Чем выше скорость движения, тем больше длительность фиксаций, водители более сосредоточены и внимательны к дорожной ситуации по ходу движения автомобиля. Вместе с тем необходимо отметить, что имел место значительный разброс в длительности конкретных фиксаций от 0,2 до 20,7 с. при контроле дорожной ситуации, что свидетельствует об изменении напряженности в труде водителя в широких пределах. Для участков

движения с высокой напряженностью увеличивается и информационная нагрузка на водителя. Дополнительно к контролю дорожной ситуации по направлению движения автомобиля водитель переводил взгляд направо, налево, на зеркала и на приборы. Средняя длительность фиксации на этих дополнительных объектах внимания, как показывают результаты исследования, находятся в диапазоне 0,27 – 0,45 с. Это предельно низкие значения, при которых человек способен снять требуемую ему информацию. В среднем до 20% общего времени поездок водители находились в состоянии высокой информационной напряженности. Это является типичной особенностью труда водителей. Участки спокойной монотонной деятельности перемежаются короткими участками резкого повышения напряженности, что заставляет водителя постоянно находиться в состоянии готовности к экстренному действию. В исследованиях также проявился выраженный индивидуальный «почерк» отдельных водителей в отношении объема внимания, уделяемого объектам контроля. Вместе с тем водители демонстрировали высокую стабильность показателей зрительной деятельности (своих профессиональных навыков), учитывая, что отдельные поездки происходили с интервалом примерно в 1 месяц.

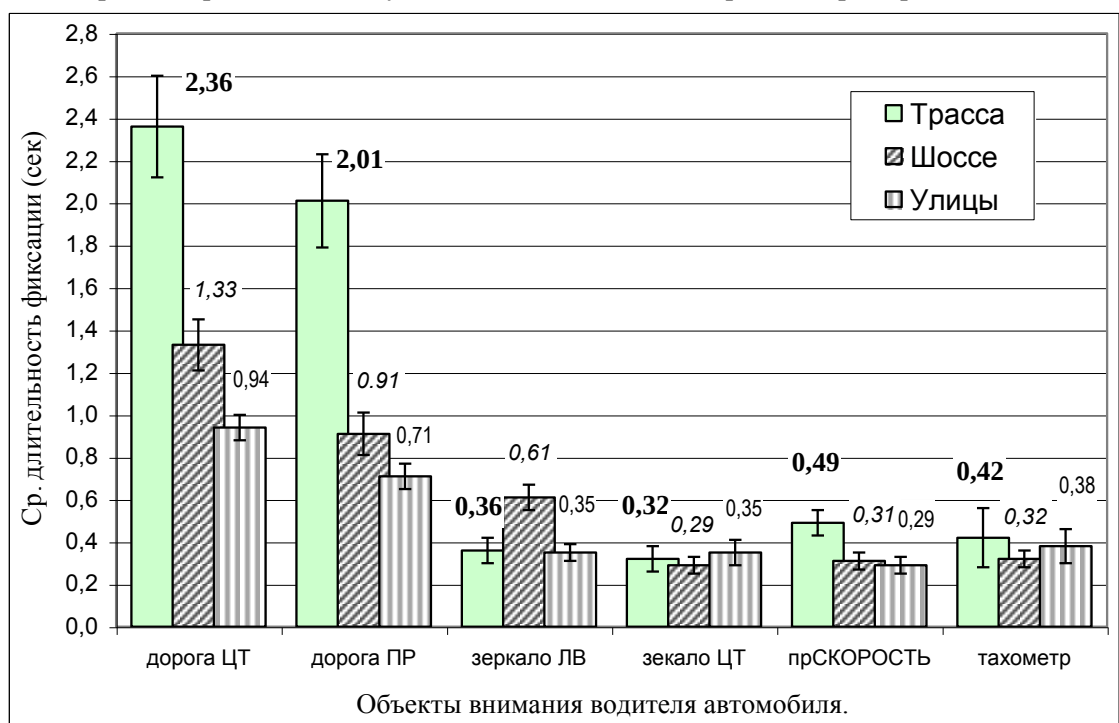


Рис. 13. Средняя длительность фиксации взгляда водителя автомобиля на отдельных объектах внимания на скоростной трассе, многорядном шоссе в городе, на улицах города

Выводы по результатам исследования

В ходе многочисленных экспериментальных исследований деятельности водителей, машинистов и летчиков была подтверждена валидность выбранных показателей для исследования продуктивности психических процессов.

1. Исследования показали, что предлагаемый метод исследования глазодвигательной активности позволяет по показателям зрительной деятельности испытуемого оценить продуктивность его познавательных процессов.

2. Полученные в исследовании достоверные различия значений показателей зрительной деятельности для разных видов деятельности свидетельствуют об их высокой чувствительности к производительности и качеству выполнения внешней предметной деятельности и, соответственно, к продуктивности психических процессов и могут использоваться в качестве их диагностических критериев.

Литература

1. **Ананьев Б.Г.** Психология чувственного познания. – М.: Изд-во АПН РСФСР, 1960. – 486 с.
2. **Ананьев Б.Г.** Сенсорно-перцептивная организация человека // Познавательные процессы: ощущения, восприятие. – М.: Педагогика, 1982. – с.7–31.
3. **Андреева Е. А., Вергилес Н. Ю., Ломов Б. Ф.** Механизм элементарных движений глаз как следящая система. // Моторные компоненты зрения. М., 1975, – с. 7–55.
4. **Барabanщиков В.А.** Системогенез чувственного восприятия. – М.: МПСИ, 2000. – 464с.
5. **Величковский Б. М., Капица М. С.** Хронометрический анализ восприятия пространственного положения, направления движения и симметричности формы объекта. // Вестник Моск. ун-та. Сер.14. – 1980. – № 1. – с. 54–61.
6. **Выготский Л.С.** Избранные психологические исследования. – М.: Изд-во АПН РСФСР, 1956. – 519 с.
7. **Гиппенрейтер Ю. Б.** Движения человеческого глаза. – М.: Изд-во МГУ, 1978. – 179 с.
8. **Гиппенрейтер Ю. Б.** О месте движений глаз в незрительных видах деятельности и их исследовании. // Моторные компоненты зрения. – М.: Наука, 1975, – с. 213–221.
9. **Забродин Ю.М.** Процессы принятия решения на сенсорно-перцептивном уровне // Проблемы принятия решения. – М.: Наука, 1976. – с.33–55.
10. **Забродин Ю.М., Лебедев А.Н.** Психофизиология и психофизика. – М., 1977. – 288 с.
11. **Завалова Н.Д., Ломов Б.Ф., Пономаренко В.А.** Образ в системе психической регуляции деятельности. – М.: "Наука" 1986.
12. **Зинченко В. П.** Движения глаз и формирование зрительного образа. // Вопросы психологии. – 1958. – № 5. – с.
13. **Кравков С. В.** Глаз и его работа. М., Изд-во АН СССР, 1950. – 532с.
14. **Ломов Б. Ф., Вергилес Н. Ю., Митькин А. А.** Движение глаз и зрительное восприятие. – М., 1979. – 277 с
15. **Лурия А. Р., Правдина-Винарская Е. Н., Ярбус А. Л.** К вопросу о механизмах движений глаз в процессе восприятия и их патологии. // Вопросы психологии. – 1961. – № 5, – с.159–172.
16. **Платонов К.К.** Система психологии и теории отражения. – М.: Наука, 1982.
17. **Романова Е.С., Решетина С.Ю.** Профессиональная ориентация с позиций концепции самодиагностики. // Прикладная психология. – 2001 – №3 – с.19–40.
18. **Рыжов Б.Н.** Системная психология. Методология и методы психологического исследования. – М.: МГПУ, 1999. – с.139–175.
19. **Смирнов С.Д.** Психология образа: проблема активности психического отражения. – М.: Изд МГУ, 1985. – с. 128–168.
20. **Шадриков В.Д.** Психология деятельности и способности человека. – М.: Логос, 1996. – с.198–222.
21. **Ярбус А. Л.** Роль движений глаз в процессе зрения. – М.: «Наука», 1965. –
22. **Busvaell G. T.** How people look at pictures. – Chicago, 1935.
23. **Clark M. R., Stark L.** Control of human eye movements. // Mathemat. Biosci. – 1974, v. 20, N 3/4.
24. **He P, Kowler E.** The role of saccades in the perception of texture patterns. // Vision Res. – 1992, Nov; 32(11): 2151–63
25. **Kubo T, Saika T, Sakata Y, Morita Y, Matsunaga T, Kasahara T** Analysis of saccadic eye movements using an infrared video system in human subjects. // Acta Otolaryngol Suppl (Stockh. – 1991; 481.
26. **Munoz D.P., Broughton J.R., Goldring J.E., Armstrong I.T.** Age-related performance of human subjects on saccadic eye movement tasks. // Exp Brain Res. – 1998 Aug; 121(4)

TO THE PROBLEM OF SUBSTANTIAL CHARACTERISTICS OF THE RESULTS OF OCULOMOTOR ACTIVITY

Abushkin B.M., MCPU, Moscow

The author analyses the role of eye activities in description of mental processes. The opportunity of application of oculomotor activity registration method is represented as the indicator of psychic processes and functional states of a person. The results of the research of interrelations between indexes of oculomotor activities, which characterize visual activity, and parameters of the psychic processes productivity on the example of different professional groups.

Key words: image (percept), mental processes, oculomotor activity.