

ХАРАКТЕРИСТИКИ ЗРИТЕЛЬНОЙ ИНФОРМАЦИИ, ПОЛУЧАЕМОЙ АВИАЦИОННЫМ НАБЛЮДАТЕЛЕМ

Иванов Е.В., Боков М.М., Гришаев М.Е.

Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина», Воронеж, Россия (394064, Воронеж, ул. Старых Большевиков, 54 а), e-mail: bokov.mihail@mail.ru

В данной статье рассматривается проблема видимости зрительных сигналов авиационным наблюдателем, таких как форма, цвет, яркость и движение предметов. Основную часть информации авиационный наблюдатель получает через зрительный анализатор. Глаз наблюдателя работает по принципу фотографической камеры, роль объектива в которой выполняет хрусталик. Поэтому в работе рассматриваются вопросы создания оптимальных условий зрительного восприятия путем обеспечения требуемой яркости и контраста сигналов, а также равномерности распределения яркостей в поле зрения авиационного наблюдателя. Для этого необходимо проанализировать все основные и временные характеристики зрения, а также влияние других параметров, например цвета. Влияние цвета в деятельности наблюдателя очень велико. Во-первых, цвет может использоваться как один из способов кодирования информации, во-вторых – для эстетического оформления помещений и пультов управления.

Ключевые слова: зрительные сигналы, зрительный анализатор, поле зрения, временной порог, световая адаптация, характеристики зрения

FOUNDATIONS OF SPECIAL TEST EQUIPMENT UPDATED SPECIAL PURPOSE VEHICLES

Ivanov E.V., Bokov M.M., Grishaev M.E.

Military scientific center of the air force, «Air force Academy n.a. Professor N.E. Zhukovsky and Y.A. Gagarin», Voronezh, Russia (393064, Voronezh, street Staryih Bolshevikov, 54a), e-mail: bokov.mihail@mail.ru

In this article the problem of visibility of visual signals aviation observer, such as shape, color, brightness and movement of objects. The bulk of the information aviation observer receives through the visual analyzer. The eye of the observer operates on the principle of a photographic camera, wherein the lens part performs lens. Therefore, the work deals with the creation of optimal conditions for visual perception by providing the desired contrast and brightness signals, as well as uniform distribution of brightness in the field of aviation observer. For this it is necessary to analyze all of the major and temporal characteristics of view, as well as the influence of other parameters such as color. The impact of color in the work of the observer is very large. Firstly, the color can be used as a way of encoding information, and secondly - for the aesthetic design of buildings and control panels.

Keywords: visual signals, visual analyzer, the field of view, the time threshold, light adaptation, the characteristics of vision

Раздражителем зрительных ощущений является световая энергия, а воспринимающим рецептором – глаз. Зрение позволяет воспринимать форму, цвет, яркость и движение предметов. Авиационный наблюдатель около 90% всей информации получает через зрительный анализатор.

Глаз наблюдателя работает по принципу фотографической камеры, роль объектива в которой выполняет хрусталик. Световые лучи, проходя через хрусталик, преломляются и создают уменьшенное обратное изображение на внутренней стенке глазного яблока (сетчатке). На сетчатке находятся светочувствительные нервные окончания (рецепторы), которые носят название палочек и колбочек. Рецепторы поглощают падающий на них

световой поток и преобразуют его в нервные импульсы, которые передаются по зрительному нерву в мозг. Величина этих импульсов зависит от освещенности сетчатки на том ее участке, где получается изображение рассматриваемого предмета [1].

Из этого положения можно сделать два основных вывода, определяющих видимость сигналов:

- 1) зрительное ощущение какого-либо предмета зависит от его яркости;
- 2) различие предмета на фоне других предметов определяется контрастом его с фоном.

Различают два вида контраста: прямой (предмет темнее фона) и обратный (предмет ярче фона). Величина контраста может быть оценена количественно, как отношение разности яркости предмета и фона к большей яркости:

$$K_{np} = \frac{B_{\phi} - B_n}{B_{\phi}}; \quad K_{обр} = \frac{B_n - B_{\phi}}{B_n}, \quad (1)$$

где B_{ϕ} и B_n – яркость фона и предмета соответственно.

Оптимальная величина контраста считается равной 0,6–0,9. Однако обеспечение такой величины контраста является необходимым, но еще не достаточным условием нормальной видимости предметов, поскольку величина контраста сама по себе еще не определяет уровня видимости. Нужно знать, как этот контраст воспринимается в данных условиях. Для этого вводится понятие порогового контраста, который равен:

$$K_{пор} = \frac{dB}{B_{\phi}},$$

где dB – пороговая разность яркости, т.е. минимальная разность яркости предмета и фона, впервые видимая глазом.

Величина dB является дифференциальным порогом различения. Для получения оперативного порога необходимо, чтобы различие в яркости предмета и фона было в 10–15 раз больше порогового. Поэтому в инженерной психологии вводится понятие числа пороговых контрастов, которое определяется выражением:

$$Q = \frac{B_{\phi} - B_n}{dB} = \frac{K}{K_{пор}}.$$

Следовательно, для нормального различения предметов необходимо, чтобы величина контраста была в пределах 0,6–0,9 и число пороговых контрастов было $Q > 10–15$ [4].

Величина порогового контраста зависит от яркости фона (при прямом контрасте) или предмета (при обратном контрасте), а также от угловых размеров предмета и времени экспозиции.

Для определения $K_{пор}$ при неограниченном времени экспозиции пользуются специальными графиками. На рисунке 1 приведена зависимость порогового контраста $K_{пор}$

от яркости и угловых размеров предмета при неограниченном времени экспозиции.

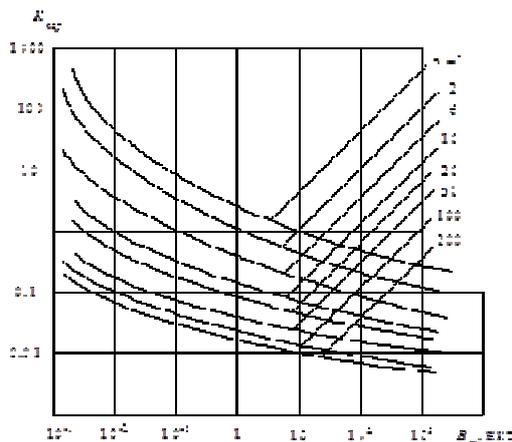


Рис. 1. Зависимость порогового контраста

При ограниченном времени экспозиции величина порогового контраста определяется:

$$K = \frac{K_{nor}}{1 - e^{-\frac{t}{\tau_p}}}, \quad (2)$$

где K_{nor} – величина порогового контраста при неограниченном времени экспозиции; τ_s – время экспозиции; τ_p – время реакции человека.

Из рисунка 1 и формулы (2) следует, что предметы с большими размерами видны при меньших контрастах, а также то, что с увеличением яркости и времени экспозиции уменьшается значение порогового контраста, т.е. быстрее достигается требуемое значение величины Q.

Абсолютная чувствительность зрения весьма высока: в условиях темновой адаптации световые ощущения вызываются при яркости источника порядка $1 \cdot 10^{-6}$ нит. Дифференциальный порог чувствительности равен примерно 0,01 исходной интенсивности стимула (сигнала). Диапазон яркостей, соответствующих наиболее оптимальной работе зрительного анализатора, простирается от нескольких десятков до нескольких сотен нит. В качестве примера на рисунке 2 приведена зависимость числа ошибок и перевернутых букв (в процентах от общего числа выполненных операций) в работе наборщиков типографий от яркости шрифта. Из рисунка видно, что при $B < 8$ нит число ошибок резко возрастает.

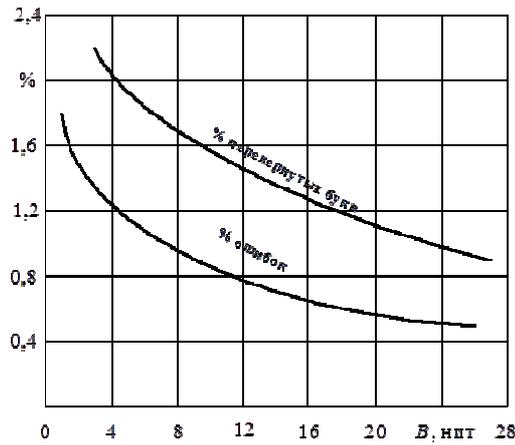


Рис. 2. Зависимость числа ошибок и перевернутых букв

В ряде случаев в поле зрения наблюдателя могут быть сигналы разной интенсивности. При этом сигналы с большей яркостью могут вызвать нежелательное состояние глаза – ослепленность. Слепящая яркость определяется размером светящейся поверхности и яркостью фона:

$$B_c = \frac{840}{\sqrt[4]{\omega}} \sqrt[3]{B_\phi}, \quad (3)$$

где ω – телесный угол, под которым наблюдателю видна светящаяся поверхность (в стерadians). Следовательно, для создания оптимальных условий зрительного восприятия необходимо не только обеспечить требуемую яркость и контраст сигналов, но также и равномерность распределения яркостей в поле зрения. В случаях, когда невозможно использовать для расчетов формулу (3), необходимо обеспечить перепады яркостей не более $\frac{1}{30} - \frac{1}{10}$.

Глаз человека воспринимает электромагнитные волны, лежащие в диапазоне 380–760 нм. Однако чувствительность глаза к волнам различной длины неодинакова. Наибольшую чувствительность глаз имеет по отношению к волнам, лежащим в середине спектра видимого света (500–600 нм). Этот диапазон соответствует излучению желто-зеленого цвета. Важной характеристикой глаза является относительная видимость

$$K_\lambda = \frac{S_\lambda}{S_{\max}}, \quad (4)$$

где S_{\max} – ощущение, вызываемое источником излучения длиной 550 нм; $S\lambda$ – ощущение, вызываемое источником той же мощности длиной λ .

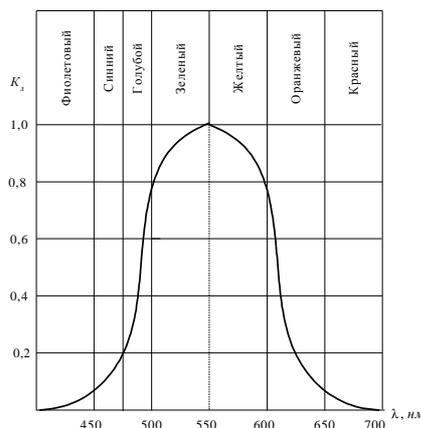


Рис. 3. Кривая относительной видимости

Кривая относительной видимости глаза приведена на рисунке 3. Из рисунка видно, что для обеспечения одинакового зрительного ощущения необходимо, чтобы мощность синего излучения была в 16,6, а красного в 9,3 раза больше мощности желто-зеленого излучения.

Влияние цвета в деятельности наблюдателя очень велико. Во-первых, цвет может использоваться как один из способов кодирования информации, во-вторых – для эстетического оформления помещений и пультов управления.

Основными временными характеристиками зрительного восприятия являются латентный (скрытый) период зрительной реакции, критическая частота слияния мельканий, минимальная длительность сигнала, вызывающего ощущение, и время адаптации.

Критической частотой слияния мельканий называется та минимальная частота проблесков, при которой возникает их слитное восприятие. Эта частота зависит от яркости проблесков и подчиняется основному психофизическому закону

$$f_{кр} = a + b \operatorname{tg} B. \quad (5)$$

где a и b – константы, зависящие от спектрального состава мелькающего изображения.

При яркостях знаков в несколько десятков нит $f_{кр} = 20\text{--}25$ гц при зрительном утомлении эта частота понижается. Вопрос о частоте мельканий имеет большое значение при решении двух видов инженерных задач. В тех случаях, когда необходимо, чтобы мелькания не замечались (например, при проектировании изображения на экран, в технике кино и телевидения), частота смены информации должна превышать $f_{кр}$ и составлять не менее 40 Гц. При необходимости использовать мерцание для кодирования следует иметь в виду, что наименьшее зрительное утомление будет при частоте мельканий 3–8 Гц [3].

Временной порог чувствительности глаза зависит от интенсивности и размеров сигнала. На рисунке 4 приведена зависимость минимального времени, необходимого для

опознания цифр, от яркости фона (темные цифры на световом фоне) и угловых размеров цифр. В тех случаях, когда нужно только обнаружить сигнал (различение не требуется), это время будет значительно меньше. При большой яркости временной порог обнаружения сигнала составляет примерно 0,001 с. При длительности вспышки более 0,1 с яркость уже практически не влияет на обнаружение сигнала.

К временным параметрам зрения относится и время адаптации. Время неполной темновой адаптации (привыкания к темноте) равно примерно 15 мин, время полной адаптации, связанное с переходом к палочковому (ночному) зрению, составляет 30 мин и более. Световая адаптация (переход к колбочковому зрению) происходит быстрее и составляет всего несколько секунд.

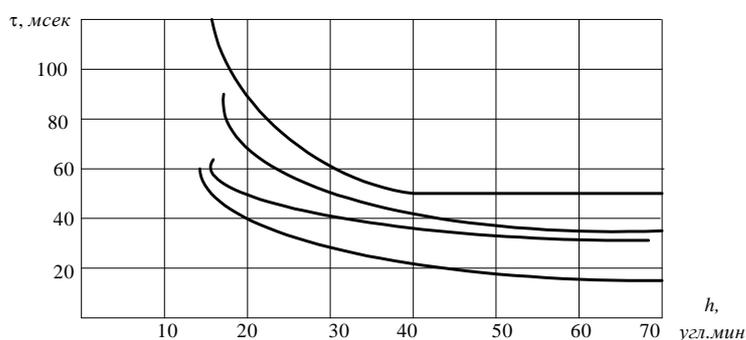


Рис. 4. Зависимость минимального времени

Характеристикой пространственного порога зрения является острота зрения. Она определяется величиной, обратной тем минимальным размерам предмета, при которых он различим глазом. Размеры предметов выражаются в угловых величинах (рис. 5), которые связаны с линейными соотношением:

$$\operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} = \frac{h}{2l}, \quad (6)$$

где α – угловой размер объекта; h – его линейный размер; l – расстояние от глаза до объекта [2].

У людей с нормальным зрением порог остроты зрения при нормальной яркости объекта соответствует примерно $1'$. Оптимальные условия различения объектов будут в том случае, если их размеры составляют не менее $30\text{--}40'$.

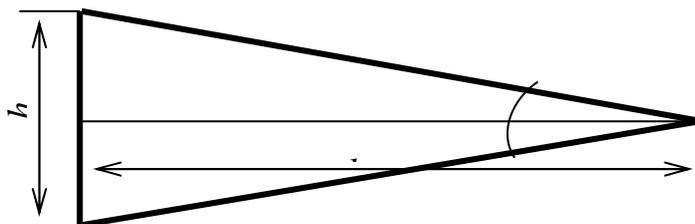


Рис. 5. Угловые величины пространственного порога зрения

Важной характеристикой зрительного восприятия является его объем, число объектов,

которые может охватить человек в течение одной зрительной фиксации, т.е. при симультанном восприятии. Обнаружено, что при предъявлении не связанных между собой объектов восприятия составляет 4–8 элементов. Последние исследования показывают, что объем воспроизведенного материала определяется не столько объемом восприятия, сколько объемом памяти. В зрительном образе может находиться значительно большее число объектов, однако они не могут быть воспроизведены из-за ограниченного объема памяти. Следовательно, фактический объем восприятия определяется объемом памяти,

Условно все поле зрения можно разбить на три зоны: центрального зрения ($\sim 2^\circ$), где возможно наиболее четкое различение деталей; ясного видения ($30\text{--}35^\circ$), где при неподвижном глазе можно опознать предмет без различения мелких деталей; периферического зрения ($75\text{--}90^\circ$), где предметы уже не опознаются, но обнаруживаются. Зона периферического зрения играет большую роль при ориентации во внешней обстановке. Объекты, находящиеся в этой зоне, легко и быстро могут быть перемещены в зону ясного видения с помощью установочных движений (скачков) глаз.

Большую роль в процессе зрительного восприятия играют движения глаз, что позволяет рассматривать зрительное восприятие как своеобразное действие, направленное на обследование воспринимаемого объекта и создание его копии. Движения глаз делятся на два больших класса: поисковые (установочные) и гностические.

С помощью поисковых движений осуществляются поиск заданного объекта, установка глаза в исходную позицию и корректировка этой позиции. Длительность поисковых движений определяется углом, на который перемещается взор:

$$t_n = 0,025 + 0,004\alpha, \quad (7)$$

где α – угол перемещения взора, град; t_n – время перемещения взора, с.

К гностическим относятся движения, участвующие в построении образа, опознании объекта и различении его деталей. Эти движения являются познавательными и относятся к числу перцептивных действий. По своему характеру они являются микродвижениями и происходят во время так называемой фиксации глаза, т.е. во время относительно неподвижного положения глаза, когда взор пристально устремлен на объект [5].

Именно в момент фиксации глаз получает необходимую информацию, а во время скачков – не получает. При выполнении различных зрительных задач глаза большую часть времени проводят в состоянии фиксации. Если продолжительность скачка в среднем составляет 0,025 с, то продолжительность фиксации в зависимости от условий восприятия — 0,25–0,65 с и более. Результаты исследований показывают, что общее время фиксаций составляет 90–95% от времени зрительного восприятия.

Фиксации неотделимы от микродвижений глаз. В ряде опытов изображение объекта

относительно сетчатки глаза стабилизировалось с помощью специального устройства, т.е. изображение не перемещалось по сетчатке. Уже через 2–3 с после стабилизации человек переставал видеть объект. Следовательно, движения глаз являются необходимым условием зрительного восприятия, а само восприятие необходимо рассматривать как совокупность перцептивных действий.

Список литературы

1. Ахунин В.А., Зараковский Г.М., Королев Б.А. Инженерная психология в военном деле. — М.: Воениздат, 1983.
2. Венда В.Ф. Инженерная психология и синтез систем отображения информации. — М.: Машиностроение, 1975.
3. Венда В.Ф. Информационная техника и эргономика. — М.: Знание, 1970.
4. Стратонович Р.Л. Теория информации — М.: Сов. Радио, 1975.
5. Шеридан Т.Б., Феррель У.Р. Системы «человек — машина»: Модели обработки, управления и принятия решений человеком-оператором. — М.: Машиностроение, 1980.

Рецензенты:

Быков В.С., д.т.н., профессор, профессор кафедры автотранспорта Института экономики и права, г. Воронеж;

Лагунов В.С., д.т.н., профессор, профессор кафедры безопасности жизнедеятельности и медицинских знаний Воронежского государственного педагогического университета, г. Воронеж.