

ПСИХОЛОГИЧЕСКИЕ МЕХАНИЗМЫ ЭФФЕКТА Э.МАХА

© А.Ф.Корниенко

Статья посвящена интерпретации механизмов известного в психологии эффекта появления в субъективном зрительном восприятии человека так называемых "полос Маха". В отличие от традиционного подхода к объяснению данного эффекта, основанного на рассмотрении процессов латерального торможения в рецепторной системе, автор предлагает объяснение на основе рассмотрения нейрофизиологических механизмов психики и саккадических движений глаз.

Эффект Э.Маха представляет собой особый зрительный эффект, который возникает в психике человека при восприятии неравномерно освещенной поверхности. Исследуя субъективные явления зрительного восприятия, Э.Маха использовал вращающийся цилиндр, поверхность которого представляла собой полосу, состоящую из чередующихся белых и черных секторов особой конфигурации (см. рис.1):

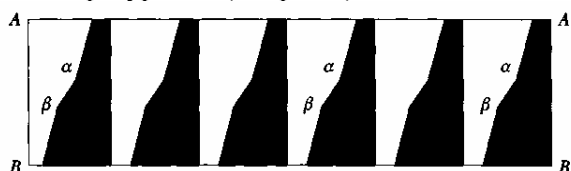


Рис.1. Конфигурация белых и черных секторов на поверхности вращающегося цилиндра, использованного Э.Махом при исследовании субъективных эффектов зрительного восприятия [1, с.196]

При быстром вращении цилиндра в поле зрения человека образуется неподвижная картинка, яркость которой увеличивается от B к A в соответствии с конфигурацией светлых и, соответственно, черных секторов. С точки зрения объективных физических закономерностей, распределение средних значений яркости (I) соответствующих участков картинки должно выглядеть следующим образом (см. рис.2):

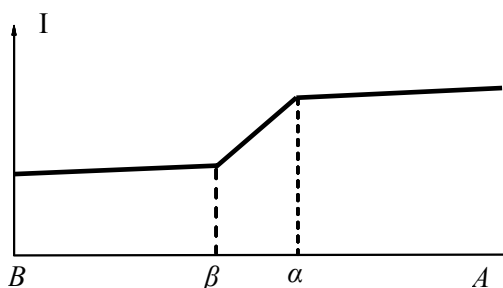


Рис.2. Объективное распределение яркости картинки, образующейся в поле зрения человека при исследовании эффекта Маха

Однако Э.Мах обнаружил, что в субъективном отражении человека образуются две дополнительные полосы, впоследствии получивших

название "полосы Маха": одна более светлая в области α и другая более темная в области β .

В современных условиях воспроизведение эффекта Маха достигается путем предъявления испытуемому картинки с необходимым распределением яркости непосредственно на экране компьютерного монитора (см. рис.3):

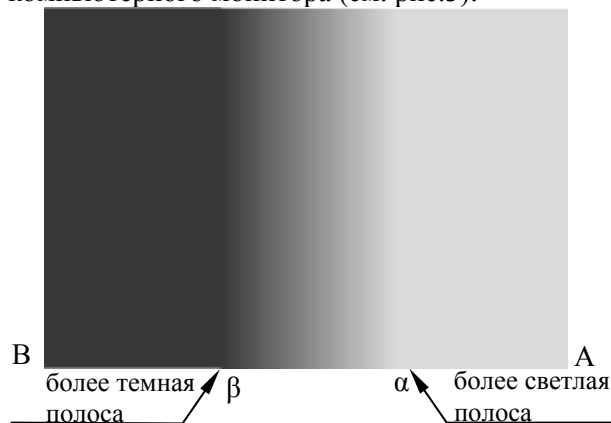


Рис.3. Проявление эффекта Маха (появление более темной и более светлой полос) в субъективном восприятии картинки с неравномерной яркостью

Для объяснения механизма появления полос Маха обычно привлекают концепцию латерального торможения между соседними нейронами в сетчатке, которая была разработана и получила эмпирическое подтверждение при изучении эффектов усиления контраста [2]. Однако в работе F.Ratliff, N.Milkman, N.Rennert [3, p.4554-4558] указывается на то, что явления усиления контраста и появления полос Маха – это разные явления и в их основе лежат разные механизмы.

Предлагаемое нами объяснение эффекта Маха непосредственно основывается на механизмах психики как свойства мозга, обеспечивающего субъективное отражение ближайшего будущего объективной действительности.

Как было показано нами ранее [4, с.186-194], для процессов ощущения как элементарной формы психики соответствующее свойство мозга описывается соотношением

$$f_{\text{бл.буд.}} = f_{\text{наст.}} + \Delta f \quad (1)$$

где $\Delta f = (f_{\text{наст.}} - f_{\text{бл.пр.}})$, а $f_{\text{наст.}}$, $f_{\text{бл.пр.}}$, $f_{\text{бл.буд.}}$ - частоты возникающих в мозге нейронных импульсаций, в которых отражаются интенсивности воздействия, соответственно, в настоящем, ближайшем прошлом и ближайшем будущем.

Учитывая, что в первом приближении частота нервных импульсов, вызванных наличием внешнего воздействия, пропорциональна логарифму интенсивности внешнего воздействия [2, 5], можно записать:

$$f_i = a_i \cdot \log J + b_i \quad (2)$$

где: f_i - частота нервных импульсов на выходе отдельного i -го элемента нервной системы;

J - интенсивность внешнего воздействия;

a_i и b_i - некоторые константы, численные значения которых определяются индивидуальными особенностями нервной системы отдельного организма.

Используя соотношения (2), соотношение (1) можно записать следующим образом:

$$\log J_{\text{бл.буд.}} = \log J_{\text{наст.}} + (\log J_{\text{наст.}} - \log J_{\text{бл.ж.пр.}}) \quad (3)$$

или

$$\log J_{\text{бл.буд.}} = \log J_{\text{наст.}} + \log \left(1 + \frac{\Delta J}{J_{\text{бл.ж.пр.}}} \right) \quad (4)$$

Вместе с тем мы знаем, что, согласно закону Фехнера, интенсивность ощущения S в первом приближении пропорциональна логарифму интенсивности воздействия J , то есть

$$S \approx k \cdot \log J \quad (5)$$

где: k - некоторый коэффициент пропорциональности.

Учитывая данное обстоятельство, из соотношения (4) нетрудно получить выражение для ощущения, в котором будет учитываться наличие изменений в интенсивности воздействия

$$S = S_{\text{наст.}} + k \cdot \log \left(1 + \frac{\Delta J}{J_{\text{бл.ж.пр.}}} \right) \quad (6)$$

Если интенсивность внешнего воздействия постоянна, то $\Delta J = 0$, и $S = S_{\text{наст.}}$. Однако при наличии изменений в интенсивности воздействия интенсивность ощущения, как следует из соотношения (6), будет отличаться от $S_{\text{наст.}}$ на некоторую величину ΔS , определяемую соотношением

$$\Delta S = k \cdot \log \left(1 + \frac{\Delta J}{J_{\text{бл.ж.пр.}}} \right) \quad (7)$$

Если допустить, что интенсивность воздействия увеличивается со скоростью V , соотношение (7) можно преобразовать к виду:

$$\Delta S = k \cdot \log \left(1 + \frac{V \cdot \Delta t}{J_{\text{бл.пр.}}} \right) \quad (8)$$

Соотношение (8) позволяет сделать вывод, что интенсивность ощущения, возникающего при на-

личии внешнего воздействия с изменяющейся интенсивностью, оказывается зависящим от скорости изменения интенсивности этого воздействия. Чем больше скорость, тем больше интенсивность ощущения по сравнению с ощущением, возникающим в ответ на воздействие такой же интенсивности, но не изменяющейся во времени.

При наличии воздействия с изменяющейся интенсивностью в нервной системе в каждый момент времени Δt в силу наличия психики образуются нейронные импульсации $f_{\text{бл.буд.}}$, частота которых определяется выражением (1). В момент времени $t = t_{\text{ст.}}$, когда интенсивность воздействия достигает величины $J_{\text{стат.}}$, частота импульсаций $f_{\text{бл.буд.}}$ составляет $f_{\text{бл.буд.}} = f_{\text{стат.}} + \Delta f$, то есть превышает значение $f_{\text{стат.}}$ на величину Δf . Очевидно, что превышение частоты импульсаций $f_{\text{бл.буд.}}$ стационарного значения $f_{\text{стат.}}$ больше в случае более быстрого изменения интенсивности воздействия. Это означает, что субъективное отражение интенсивности внешнего воздействия в ощущении зависит от того, насколько быстро значение интенсивности достигает стационарного значения.

В случае эффект Маха (см. рис.3) мы имеем ситуацию с изменяющейся интенсивностью воздействия (в зоне " β - α ") и с двумя стационарными уровнями интенсивности (в зонах " β - β " и " α - α "). Есть, правда, одно очень важное обстоятельство: картинка с различным распределением интенсивности света во всех трех зонах предъявляется испытуемым в стационарном режиме, то есть без изменения интенсивности света во времени. Именно это, на наш взгляд, и вынуждало исследователей при объяснении эффекта Маха прибегать к концепции латерального торможения.

Однако наличие механизма саккадических движений глаз, обнаруженного в окулографических исследованиях [6, p.953-978], позволяет рассматривать процесс зрительного восприятия картинки как процесс ее непрерывного сканирования слева направо и обратно. В результате сканирования пространственное распределение интенсивности света отдельных зон картинки преобразуется во временное распределение на фоторецепторах зрительной системы.

Динамика в изменениях частот нейронных импульсаций в зрительной системе при сканировании плоскости в направлениях слева направо и справа налево представлена на рис.4 линиями (а) и (б) соответственно. Появление нейронных импульсаций с более низкой и более высокой частотой соответствует на субъективном психическом уровне (на уровне ощущений) более слабой и более сильной освещенности. В результате многократного сканирования картинки в обоих направлениях происходит усреднение частот нейронных импульсаций и

появление на уровне субъективного восприятия более темной и более светлой полос:

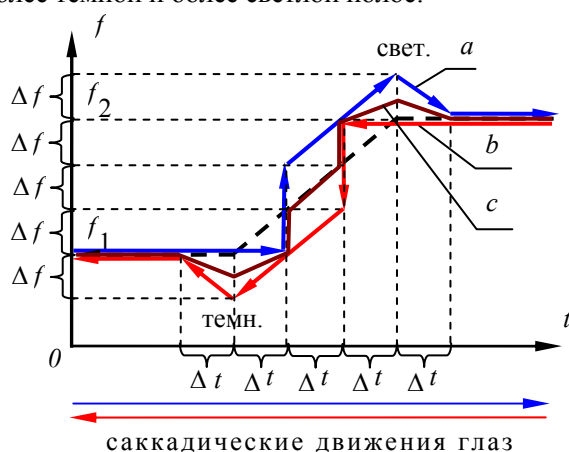


Рис.4. Механизм появления более темной (темн.) и более светлой (свет.) полос в эффекте Маха (пояснения в тексте)

Существование эффекта Маха можно рассматривать в качестве одного из проявлений механизма психики как особого свойства нейрофи-

зиологических процессов обеспечивать получение знаний о ближайшем будущем отдельных параметров объективной действительности.

1. Мах Э. Анализ ощущений и отношение физического к психическому. М., 2005.
2. Гранит Р. Электрофизиологическое исследование рецепции / Пер. с англ. М., 1957.
3. Ratliff F., Milkman N., Rennert N. Attenuation of Mach bands by adjacent stimuli // Proc. Natl. Acad. Sci. USA, 1983. Vol.80.
4. Корниенко А.Ф. Чувствительность организма и "зачаточная форма психики" // Вестник КГПУ, 2006. №5.
5. Сомьен Дж. Кодирование сенсорной информации в нервной системе млекопитающих / Пер. с англ. М., 1975.
6. Hikosaka O., Takikawa Y., Kawagoe R. Role of the basal ganglia in the control of purposive saccadic eye movements // Physiol. Rev. 2000. Vol.80.

PSYCHOLOGICAL PROCESS OF E.MACH EFFECT

A.F.Kornienko

The article considers the interpreting of the well-known in psychology effect of subjective visual perception so-called "Mach Bands". Unlike the traditional approach to given effect neurophysiological mechanisms of psychics and the saccadic eye movements.