

*Горячкин Б. С., кандидат технических наук, доцент; Московский
государственный технический университет им. Н.Э. Баумана,*

E-mail: bsgor@mail.ru

*Бгатцев А. В., магистрант, Московский государственный технический
университет им. Н.Э. Баумана,*

E-mail: alexbgz146@gmail.com

*Гаранов К. В., магистрант, Московский государственный технический
университет им. Н.Э. Баумана,*

E-mail: garanchik@gmail.com

ЭРГОНОМИЧНОСТЬ ПРИДОРОЖНЫХ РЕКЛАМНЫХ ЩИТОВ – БЕЗОПАСНОСТЬ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ

Аннотация: В статье рассмотрены основные эргономические характеристики рекламных щитов, которые могут повлиять на безопасность движения на автодорогах. Параметр - высота буквы или размер шрифта - выделен как ключевой. На этом построен анализ текстовой информации на рекламном щите. Критичной же характеристикой рассматривается время восприятия, оцениваются ее основные составляющие, предложен соответствующий метод расчета. Опираясь на специфику зрительной системы, в том числе алгоритм движения глаз при чтении, предложена эргономическая модель, которая связывает основные характеристики текстовой информации и самого рекламного щита с параметрами, описывающими дорожное движение, в частности, скорость транспортного потока.

Ключевые слова: Время восприятия, высота буквы, размер шрифта, рекламный щит, дорожные знаки, безопасность дорожного движения, скорость чтения.

Annotation: The article discusses the basic ergonomic characteristics of billboards that can affect road safety. The parameter - letter height or font size - is highlighted as key. This is the basis for the analysis of textual information on a billboard. The critical characteristic is considered perception time, its main components are evaluated, the corresponding calculation method is proposed. Based on the specifics of the visual system, including the eye movement algorithm when reading, an ergonomic model is proposed that links the main characteristics of text information and the billboard itself with parameters that describe traffic, in particular, the speed of the traffic flow.

Keywords: Perception time, letter height, font size, billboard, road signs, road safety, reading speed.

Введение

При передвижении по автомобильным дорогам регулярно появляется необходимость считывать информацию с различных рекламных щитов и дорожных знаков. Соответственно, эти объекты дорожной инфраструктуры напрямую влияют на безопасность дорожного движения. В силу своего разнообразия и большого набора характеристик проектирование щитов и знаков требует особого внимания. Для этого необходимо четко понимать, каким образом автомобилисты получают информацию с дорожных знаков, рекламных щитов, насколько эффективно ее воспринимают и как на нее реагируют.

Восприятие человеком информации с дорожного знака или щита включает в себя сложную серию действий, как психологических, так и физических. Еще больше усложняет этот процесс тот факт, что автомобилист смотрит на дорожный знак из движущегося транспортного средства, при этом расстояние между ним и знаком быстро уменьшается. Из-за этого требуется правильно расположить рекламный щит и подобрать соответствующие параметры текста, чтобы обеспечить безопасность дорожного движения.

Количественно описать процесс считывания информации с рекламного щита возможно. Для этого нужно рассчитать время, необходимое для того, чтобы автомобилист прочитал информацию с дорожного знака и идентифицировал ее. При этом автомобилист движется с определенной скоростью и за этот временной интервал он проедет соответствующее расстояние, которое автомобилиста приближает к щиту, при этом текстовая информация на рекламном щите должна быть различима и идентифицирована, а порой, даже оценена максимально быстро, потому что она может быть актуальной именно в реальном времени. Именно этим вопросам посвящена данная статья.

Описание дорожной ситуации и расположения рекламного щита

Для описания расположения рекламного щита на дороге составлена схема, изображенная на рис. 1. На схеме представлена одна полоса прямого участка дороги. Расстояние от середины полосы движения до обочины w (отрезок WO) в среднем равно 1,7 метра. Расстояние от обочины до ближнего края рекламного щита обозначается a (отрезок OA), а ширина самого щита b (отрезок AB).

Водитель движется по участку дороги со средней скоростью V_{cp} и на расстоянии S_1 от рекламного щита (отрезок WX) способен разобрать надпись на нем. S_1 - расстояние разборчивости. Поле ясного зрения водителя [2] составляет $30^\circ - 35^\circ$, поэтому считаем, что на расстоянии S_2 (отрезок WY) рекламный щит выходит из его поля зрения, имея ввиду, что водитель соблюдает правила дорожного движения и смотрит на дорогу. S_2 расстояние исчезновения. В итоге, рекламный щит находится в поле зрения водителя, пока тот проезжает расстояние $S_1 - S_2$ - (путь чтения) со скоростью V_{cp} за время t_s . То есть, в течение времени t_s водитель может считать эффективно информацию с рекламного щита.

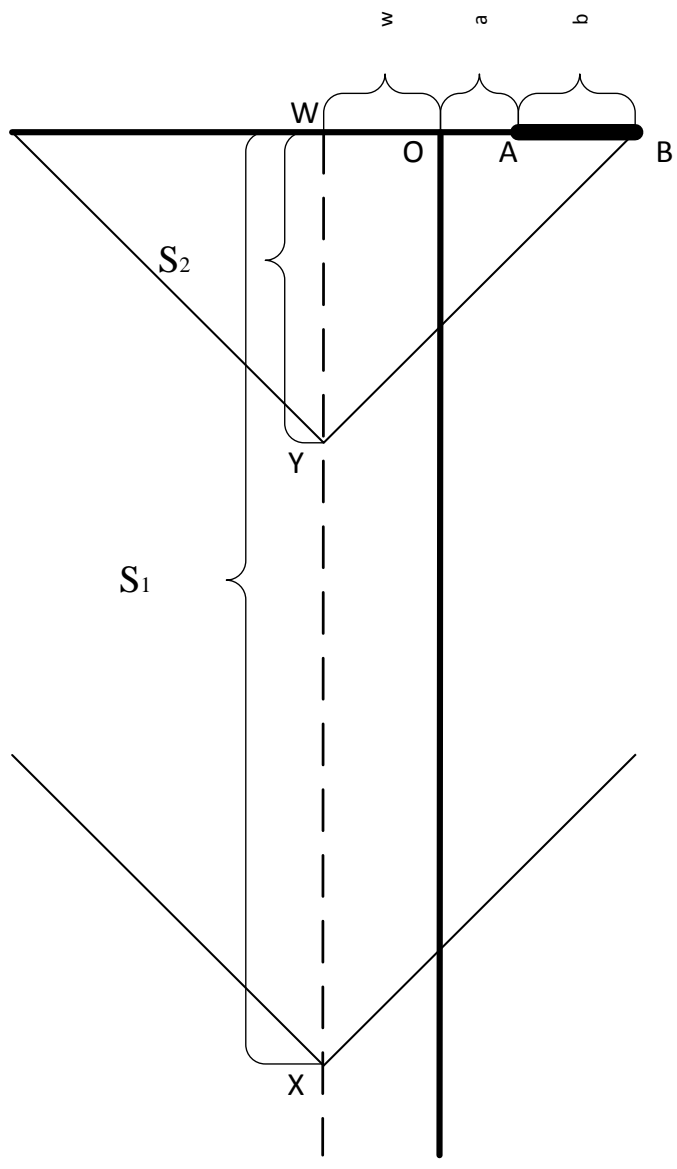


Рис.1. Схема расположения рекламного щита на дороге

Для случаев установки рекламных конструкций слева от проезжей части рисунок необходимо читать в зеркальном отображении относительно WX.

Время t_B вычисляется по формуле:

$$t_s = \frac{S_1 - S_2}{v_{cp}} \quad (1)$$

Расстояние S_2 вычисляется по формуле:

$$S_2 = \frac{w+a+b}{\tan 15} \quad (2)$$

Описание текстовой информации на рекламном щите

Для представления текстовой информации используют шрифт. Но гарнитура, стиль, начертание, иные параметры шрифта не оказывают такого определяющего влияния на считывание информации, как размер шрифта, то есть высота букв. Особенно это относится к задаче восприятия текста на рекламном баннере, расположенном на автомобильной дороге, так как данный процесс выполняется из движущего транспортного средства. При этом время крайне ограничено и зрительная система выхватывает объект максимально значимый, причем значимость можно выделить, пожалуй, двумя средствами – размером и цветом. Остальные необходимые параметры текста, расположенного на баннере, зависят от высоты букв H .

Для всех разновидностей шрифтов ряд характеристик, в частности, ширина, расстояние между словами и нек. др., являются взаимозависимыми. Основываясь на взаимозависимости основных параметров текстовой информации на дорожных знаках [5], определим интересующие нас величины. Так, ширина буквы (символа) в контексте размещения информации на дорожных знаках определяется по формуле:

$$D_6 = \frac{H}{7} K \quad (3)$$

где K – коэффициент для шрифта, равный 3. Так же есть буквы особой конфигурации: Р, У, К, Ч, где $K=3,5$; М, Ы, Ф, Д, где $K=5$; Ш, Щ, Ю, Ж, Ъ, где $K=6$, но для простоты в дальнейших расчетах используется $K=3$.

Наиболее приемлемое расстояние между букв:

$$D_m = \frac{2,5H}{7} \quad (4)$$

Расстояние между словами и расстояние между строк j принимается равным ширине одной буквы D_6 .

$$j_i = D_6 = \frac{3H}{7} \quad (5)$$

Получаем, что ширина одной строки зависит от ширины букв, расстоянием между букв и расстоянием между слов:

$$l_i = p_i D_6 + (p_i - 1) D_m + (q_i - 1) D_6 \quad (6)$$

где p_i - количество букв в i строке,

q_i - количество слов в i строке.

При расчёте ширины щита к ширине самой длинной строки прибавляется две ширины полей: Для простоты расчётов возьмём ширину полей равную ширине буквы.

$$b = \max(l_i) + 2D_6 \quad (7)$$

Специфика зрительного восприятия рекламной информации

Характеристикой пространственного порога зрения является острота зрения - максимальная способность различать отдельные детали объектов. Её определяют по наименьшему расстоянию между двумя точками, которые различает глаз, т.е. видит отдельно, а не слитно.

Нормальный глаз различает две точки, расстояние между которыми составляет 1 угловую минуту [8]. Максимальную остроту зрения имеет центр сетчатки - фовеальная область. К периферии от него острота зрения намного меньше, то есть разрешающая способность глаза вариативна. В реальной ситуации, когда глаз наблюдает динамическую сцену из движущегося транспортного средства, на зрительную систему негативно влияет вибрация, тряска и сам процесс движения, поэтому это расстояние, на котором различаются две точки, увеличивается. Оптимальные условия различения любых объектов, учитывая вышеприведенные аргументы, будут в том случае, если их размеры составляют не менее 10–40' (рис.2).

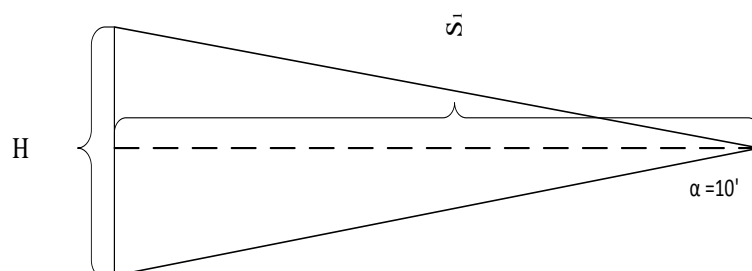


Рис.2. Схема определения высоты букв

Размер букв в тексте находится в прямой зависимости от расстояния разборчивости S_1 и углового размера буквы, который примем равным $10'$. Высота буквы определяется по формуле:

$$\tan \frac{\alpha}{2} = \frac{H}{2S_1} \Rightarrow H \approx \frac{S_1}{300} \quad (8)$$

где α – угловой размер объекта,

H – его линейный размер,

S_1 – расстояние от глаза до объекта.

Определение объекта фиксации на рекламном щите

В качестве объекта фиксации на рекламном щите принимается слово, так как человек при прочтении информации воспринимает слово целиком и даже некоторые перестановки букв внутри слова не влияют на восприятие. Например, человек сможет без особых трудностей прочитать все, что написано ниже, несмотря на то, что буквы в словах переставлены местами (рис. 3) [13].

По результатам исследований одонго анлигйсокго унвиертисета, не иеетт занчнейя, в кокам пряоке рсапожолены бкувы в солве. Галвоне, чотбы преавя и пслоендя бквуы блыи на мсете. Осательные бкувы мгоут селдовтаь в плоонм беспордяке, все-рвано ткест читаитсея без побрелм. Пичрионй эгото ялвятеся то, что мы читаем не кдаужю бкуву по отдльенотси, а все солво цликеем.

Рис.3. Пример текста с перемешанными буквами

Как написано в самом тексте, причиной тому является тот факт, что мы читаем не каждую букву в отдельности, а все слово целиком и воспринимаем его в соответствии и согласовании с концептуальной моделью. Поэтому перепутанные буквы в словах не мешают нам понимать смысл прочитанного.

Специфика движения глаз человека

Параметры движений глаз при рассматривании зрительных сцен в режиме реального времени отражают процессы зрительного внимания и обработки, в частности идентификации информации [1]. Для сканирования зрительной сцены глаза совершают саккады для проецирования интересующей части зрительной сцены на центральную ямку (фовеа). Восприятие деталей изображения с участием процессов внимания и памяти происходит во время остановки взора (фиксации) на определённом фрагменте зрительной сцены. На рис. 4 показано, как зрительная система фиксирует взгляд на словах (точки), то есть производит фиксации и перемещает взор между этими словами, то есть совершает саккады (линии).

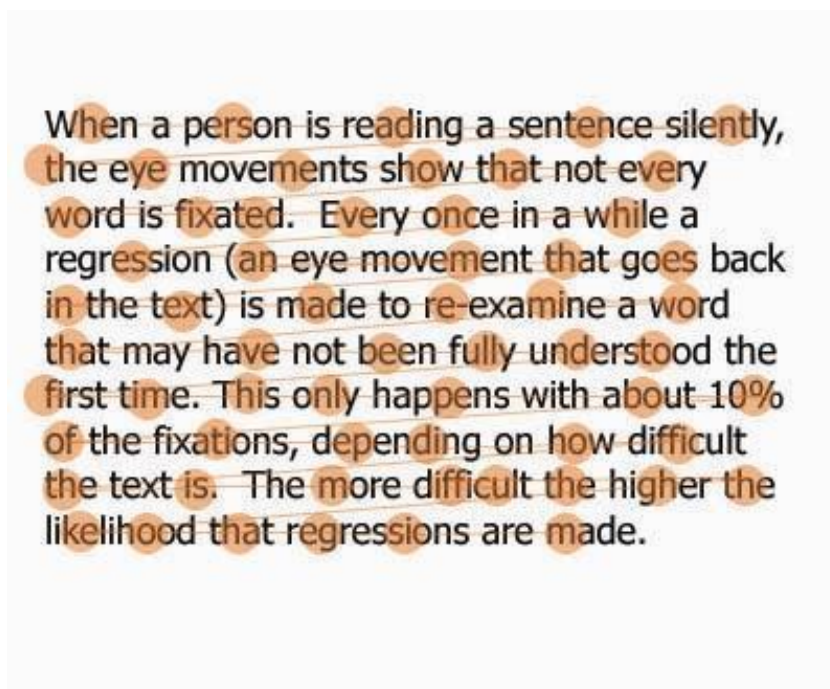


Рис.4. Схема фиксации и саккады

Продолжительность фиксации (fixation duration) – время, в течение которого глаз относительно неподвижен. Типичные значения: 120–370 мс. Использование продолжительности фиксаций в качестве показателя, характеризующего когнитивную активность, базируется на гипотезе, что

когнитивная обработка визуальной информации выполняется ввремя фиксации, а ввремя саккад подавляется [7].

При чтении текста часто анализируется продолжительность первой фиксации на слове, связанная с частотностью слов и являющаяся показателем активации лексической обработки. На распределение позиций фиксаций влияют следующие факторы:

- пространственно-временные характеристики объекта восприятия;
- направление взора участников общения или совместной деятельности;
- прошлый опыт в решении поставленной задачи;
- функциональное состояние испытуемого и др.

Определение времени восприятия

Время восприятия зависит лишь от нескольких факторов, описывающих пространственную структуру текста. Время восприятия t_v без учета фактора усталости читателя, можно вычислить, как сумму времен саккад t_c , перескока на следующую строку t_o , фиксаций t_ϕ и идентификации $t_{и}$. Время саккады – это время согласованного движения глаз от одной точки фиксации взора до другой. Время перескока на следующую строку – это время движения глаз между двумя строками. Время фиксации – это время в течении, которого взор сфокусирован в точке фиксации. Время идентификации - это время за которое человек обрабатывает информацию.

$$t_v = t_c + t_o + t_\phi + t_{и} \quad (9)$$

Среднее время, приходящееся на саккады, зависит от среднего количества слов в тексте n , от средней длины слова, т.е. средней ширины символа используемого шрифта D_ϕ , и среднего количества букв в слове p_c . Средняя

амплитуда саккады A прямо пропорциональна среднему количеству букв в слове.

$$A = B * p_c \quad (10)$$

где B – константа, равная 1.17 согласно экспериментальным данным.

Время, приходящееся на среднюю единичную саккаду t_{c1} [3]:

$$t_{c1} = \frac{B}{C} * p_c * D_0 \quad (11)$$

где C - скорость саккады варьируется и составляет в среднем 0.4 м/с.

Время, приходящееся на все саккады t_c , определяется по формуле:

$$t_c = n * t_{c1} \quad (12)$$

где n - количество слов в тексте.

Время одной фиксации $t_{\phi1}$ в среднем составляет 250 мс, однако эта величина может иметь существенный разброс в зависимости от сложности читаемого текста и индивидуальных особенностей читателя. В первом приближении можно считать время одной фиксации константой $t_{\phi1}$, равной 0.25 с. [3] Фиксации происходят между саккадами и, очевидно, зависят от количества слов n . Время, приходящееся на фиксации t_{ϕ} , вычисляется по формуле:

$$t_{\phi} = n * t_{\phi1} \quad (13)$$

Время идентификации $t_{и}$ или лексической обработки текста мотивируется тем фактом, что информация на сетчатке обрабатывается не мгновенно, а с задержкой. Одной из характеристик зрительного анализатора является пропускная способность. Пропускная способность имеет три уровня: уровень фоторецепторов (сетчатки), корковый уровень, уровень ответных действий. Время идентификации $t_{и}$ следует отнести к корковому уровню, так как оно необходимо человеку для осмысления и интерпретации прочитанного слова. Пропускная способность зрительного анализатора на корковом уровне приблизительно равна 20 – 70 бит/с. Так как человек находится в движении и на него влияют различные отвлекающие факторы, примем пропускную

способность равной 20 бит/с. Время идентификации $t_{и}$ зависят от количества слов в тексте n и пропускной способности, при этом примем, что один символ кодируется 8 битами, а средняя длина слова равна 6 символов [12]:

$$t_{и} = n * \frac{6*8}{20} = 2,4n \quad (14)$$

Время одного перескока на следующую строку t_{oi} , очевидно, равно отношению его длины к его скорости, которую можно считать равной скорости саккады. Длина перескока на следующую строку будет равна гипотенузе треугольника, катеты которого равны длине i -й строки l_i и межстрочному интервалу j_i . Время t_{oi} вычисляется по формуле:

$$t_{oi} = \frac{\sqrt{l_i^2 + j_i^2}}{c} \quad (15)$$

Время перескока на следующую строку зависит от количества строк в тексте m , соответственно время, приходящееся на перескок t_o , вычисляется по формуле:

$$t_o = \sum_i^m \frac{\sqrt{l_i^2 + j_i^2}}{c} \quad (16)$$

Среднее время, приходящееся на саккады, то есть время перемещения взгляда от одного слова к другому t_c и время перескока на следующую строку t_o много меньше времени фиксации t_{ϕ} и идентификации $t_{и}$, поэтому ими можно пренебречь.

$$t_c + t_o \ll t_{\phi} + t_{и} \quad (17)$$

В итоге получаем среднее время восприятия всего текста $t_{в}$, состоящего из n слов, равно сумме времени фиксации t_{ϕ} и идентификации $t_{и}$ на всех словах:

$$t_{в} = n * t_{\phi} + 2,4n = n(t_{\phi} + 2,4) \quad (18)$$

Анализ и оценка параметров рекламного щита

На основе вычислений и данных, описанных выше, составлен алгоритм для расчета параметров рекламного баннера. Наиболее актуальной задачей при создании рекламного баннера является определение оптимальной высоты букв, чтобы вся информация была качественно прочитана. Данный параметр напрямую зависит от скорости движения автомобилей, так как чем выше скорость, тем быстрее водитель проезжает мимо баннера и соответственно, тем меньше времени у него, чтобы прочитать всю информацию. Ниже описан алгоритм расчета высоты буквы:

Шаг 1. Входными параметрами модели являются:

- Текстовая информация (фраза), состоящая из **n** слов, **m** строк, **p** количество букв в строке и **q** количество слов в строке.
- Расстояние от обочины до ближнего края рекламного щита обозначается **a**.
- Средняя скорость V_{cp} движения автомобиля на заданном участке дороги.

Шаг 2. Далее рассчитаем время восприятия по формуле (18):

$$t_b = n(t_{\phi 1} + 2,4)$$

Шаг 3. Принимая во внимание выражения (1)-(8), получим время проезда участка XY.

$$t_s = H * \frac{300 * \tan 15 - \max\left(\frac{5,5p_i + 3q_i - 5,5}{7}\right) - \frac{6}{7}}{V_{cp} * \tan 15} - \frac{w + a}{V_{cp} * \tan 15} \quad (19)$$

Шаг 4. Время восприятия должно быть равно времени проезда участка XY, т.е. $t_b = t_s$. Приравняв два выражения (19) и (20) друг к другу, можно найти H.

$$H = \frac{n(t_{\phi 1} + 2,4) + \frac{w + a}{V_{cp} * \tan 15}}{300 * \tan 15 - \max\left(\frac{5,5p_i + 3q_i - 5,5}{7}\right) - \frac{6}{7}} \cdot \frac{1}{V_{cp} * \tan 15} \quad (20)$$

На основании выражения (20) рассчитаем высоту буквы в зависимости от различной средней скорости движения автомобилей (табл. 1). Данные в табл.1 приведены при чтении баннера «Новогодняя распродажа».

Табл. 1. Зависимость высоты буквы от скорости движения

V, скорость км/ч	H, высота буквы м
10	0,27
20	0,50
30	0,73
40	0,96
50	1,19
60	1,41
70	1,64
80	1,87
90	2,10
100	2,33
110	2,56
120	2,78
130	3,01

Ниже приведен график зависимости высоты буквы от скорости движения (рис. 5).

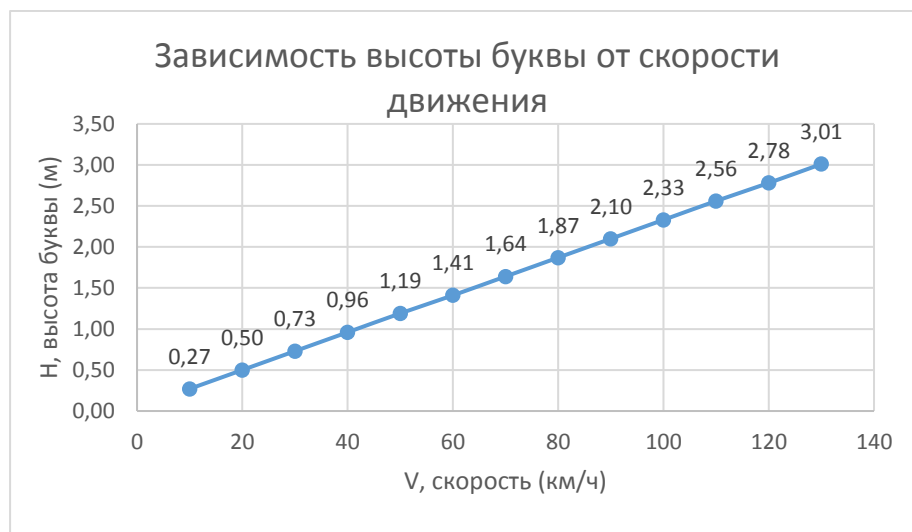


Рис. 5. График зависимости высоты буквы от скорости движения

Достаточно актуальной задачей является расчет расстояния от обочины дороги до рекламного баннера и расчет оптимального количества слов на рекламном щите в зависимости от заданных условий. Эти задачи, как вторичные, достаточно легко, могут быть решены на основе вышеописанных расчетов и вычислений.

Заключение

В данной статье приведен анализ ситуации на дороге, вдоль которой стоят наружные рекламные щиты. Были проанализированы параметры рекламного дорожного баннера (размер букв в тексте, количество слов в тексте, расстояние от дорожного полотна до края рекламного щита и другие.) в зависимости от средней скорости движения автомобиля на заданном участке дороги. Основную роль в этом играет модель движения глаз при чтении. Она довольно простая, но хорошо описывает основные характеристики движения глаз, такие как фиксации, саккады и лексическая обработка текста. Стоит отметить, что на данный момент существуют и другие похожие модели, основанные на современных информационных сервисах [11]. Модель движения глаз позволяет рассчитать время восприятия, которое непосредственно влияет на процесс получения информации с рекламного щита. Размер шрифта характеризуется высотой букв и является определяющим параметром при нахождении времени восприятия.

В итоге предложена эргономическая модель, которая связывает основные характеристики текстовой информации и самого рекламного щита с параметрами, описывающими дорожное движение, в частности скорость транспортного потока. Построенная модель восприятия информации с рекламных щитов и дорожных знаков позволяет подобрать их параметры, чтобы обеспечить безопасность дорожного движения и полноценное прочтение и понимание текста.

Библиографический список:

1. Горячкин Б.С. Эргономические проблемы в автоматизированной системе обработки информации и управления// Международный научно-технический журнал «Информационно-измерительные и управляющие системы»: Издательство «Радиотехника» - Москва, 2016. - № 12, т. 14. С.38-48.
2. Горячкин Б.С. Эргономический сертификат автоматизированной системы обработки и отображения информации и управления//Международный научно-исследовательский журнал: Часть 2 Технические науки - Екатеринбург, 2016. № 9 - С. 25-29.
3. Тарасов Д.А. Обоснование и вывод формулы скорости чтения, основанной на учёте пространственных характеристик текстовой информации/Д.А. Тарасов, А.Е. Ахметова, А.П. Сергеев, А.Г. Тягунов//Информационные технологии, телекоммуникации и системы управления: материалы Международной научно-практической конференции, 15 декабря 2015 г., г. Екатеринбург./УрФУ имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, Екатеринбург, 2015. — С. 140-146.
4. Лекции Инженерная психология// Институт информационных технологий БГУИР, режим доступа: <https://studfile.net/preview/5519944/page:3/>.
5. Воскресенский В., Славгородский В., Требования к дорожным путевым знакам//Производственно-технический журнал: Автомобильные дороги, 1969 г.
6. М.А. Шурупова, В.Н. Анисимов, Л.В. Терещенко, А.В. Латанов, Влияние когнитивной задачи на параметры движения глаз при просмотре статических и динамических сцен//Сенсорные системы - Российская академия наук, Москва, 2016, С. 53-62.
7. В.А. Барабанщиков, Методы регистрации движений глаз: теория и практика//Электронный журнал «Психологическая наука и образование», 2010.
8. Иванов Е.В. Боков М.М. Гришаев М.Е., Характеристики зрительной информации получаемой авиационным наблюдателем//Электронный научный журнал Современные проблемы науки и образования, 2015.

9. Ю.И. Александров, Зрительная система, Основы психофизиологии// ИНФРА-М, Москва, 1998, С.57-72.
10. А.В. Латанов, П.О. Ратманова, Лекции. Движения глаз и зрительное восприятие//Режим доступа: http://neurobiology.ru/mfk/04_Eye_Movements.pdf.
11. А.В. Дубасова. Движение глаз во время чтения: От общих теорий к частным//Режим доступа: https://www.academia.edu/3074458/ДВИЖЕНИЯ_ГЛАЗ_ВО_ВРЕМЯ_ЧТЕНИЯ_От_общих_теорий_к_частным.
12. В.В. Бойков, Н.А. Жукова, Л.А. Романова, Распределение длины слов в русских, английских и немецких текстах//Тверской институт экономики и менеджмента, Тверская государственная сельскохозяйственная академия, режим доступа: http://tverlingua.ru/archive/001/01_1-006.htm.
13. Matt Davis, Cambridge University, UK, Режим доступа: <http://www.mrc-cbu.cam.ac.uk/personal/matt.davis/Cmabrigde/>.