

Исследование зрительной работоспособности и утомления при работе с чёрным текстом на цветном фоне

С. М. КУДРЯКОВА, В. Ю. СЧЕТКОВ

ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ», Москва

E-mail: sofiakudria@gmail.com

Аннотация

Работая с текстовыми документами на компьютере, большинство пользователей выбирают чёрный цвет текста на белом фоне. Авторы определили, что применение правильно подобранного цветного фона вместо ахроматического может улучшать качество работы с текстом, повышать работоспособность и снижать утомление, и дали не только качественные рекомендации по выбору цветного фона для разных уровней напряжённости, ответственности и длительности работы с текстом, но и количественные обоснования преимущества того или иного варианта.

Ключевые слова: цветной фон, зрительная работоспособность, зрительное утомление, цветовой контраст.

Требования нормативных документов

На сегодня, по российскому стандарту [1], предлагается не использовать синий цвет на тёмном фоне, красный цвет на тёмном фоне, красный цвет на насыщенном синем фоне.

Предлагается также учитывать появление нежелательного для длительного чтения эффекта «глубины» изображаемого пространства, при использовании крайних цветов видимого спектра [2]. Более подробные рекомендации по выбору цветов фона или текста в нормативных документах отсутствуют.

Исследование

Качество работы с текстом авторами оценивалось по уровням зрительной работоспособности и зрительного утомления (по яркостной адиспаропии), а методика расчётного определения цветового контраста между текстом с чёрными буквами и цвет-

ным фоном (по цветности и светлоте) основывалась на равноконтрастной системе¹ А. Б. Матвеева и Н. М. Беляевой [3]. Все эксперименты проводились в учебной аудитории с компьютером и искусственным общим освещением. Участники эксперимента установили удобные для себя условия освещения: горизонтальную освещённость 1000 лк и освещённость на плоскости экрана 500 лк. При этом коэффициент пульсации светового потока в помещении не превышал 5%, а обобщённый показатель дискомфорта – 15, и в поле зрения наблюдателя прямой свет светильников отсутствовал. Работа с текстом велась на экране ноутбука. Экран – матовый, пропускающего типа, с задним освещением светодиодами, выполненный по технологии «IPS-ASS». Для измерения яркости и координат цветности использовались яркомер «LS-100» (Konika Minolta) и спектроколориметр «ТКА-ВД». Все участники эксперимента имели нормальное цветовое зрение.

Для определения работоспособности и утомления использовалась тест-программа «Test Vision» [4–7]: для тестирования на зрительную работоспособность и на зрительное утомление по яркостной адиспаропии.

Тест на зрительную работоспособность для одного наблюдателя с одним фоном занимал 30 мин. В течение этого времени каждые 5 с в заголовке и в произвольном месте текста возникали два знака, и наблюдателю необходимо было как можно быстрее определить тождественность этих пар. Зрительную работоспособ-

¹ В этой системе учитывается адаптационное и индукционное влияние цвета окружающих объектов при расчёте координат цвета, связанных гиперболической зависимостью с соответствующими координатами цвета физиологической системы КЗС.

ность программа рассчитывала по формуле

$$\eta = N_{\text{пр}} / (N_{\text{об}} \cdot t_{\text{ср}}),$$

где $N_{\text{пр}}$ – число правильных ответов, $N_{\text{об}}$ – число предъявлений стимула, а $t_{\text{ср}}$ – среднее время, затраченное на «обработку» наблюдателем одного предъявления.

В окне теста на зрительное утомление по яркостной адиспаропии на сером фоне яркостью 40 кд/м² выводились изображения двух соприкасающихся ахроматических полукругов примерно вдвое меньшей яркости, но различающихся по яркости на три порога, и кнопка «больше не вижу отличия». Наблюдателю следовало смотреть в центр соприкасающихся полукругов (в центр круга) и при исчезновении различия в восприятии их по яркости и кажущемся слиянии нажать на кнопку «больше не вижу отличия». По результатам программа рассчитывает относительное зрительное утомление Y_a по формуле

$$Y_a = (1 - t_2 / t_1) \cdot 100,$$

где t_1 – время исчезновения различия в восприятии яркости двух половин круга перед началом исследования на зрительное утомление, а t_2 – время исчезновения различия в восприятии яркости двух половин круга после завершения этапа исследования на зрительное утомление.

Программа вычисляла и комплексный параметр Q :

$$Q = 100 \cdot \eta / Y_a.$$

После измерения координат цветности цветов фона на экране компьютера и их анализа на диаграмме цветности равноконтрастной системы А. Б. Матвеева авторы выбрали 11 вариантов цветов для последующих экспериментов.

Перед основным экспериментом десятерым наблюдателям было предложено прочитать страницу текста на цветном фоне, посчитать на каждой странице количество заданных сочетаний двух букв и оценить удобство работы по 5-балльной шкале качества [8]. По итогам предварительного теста для каждого из фонов рассчитывался коэффициент k , характеризующий качество работы наблюдателей и равный отношению числа правиль-

но определённых сочетаний букв к общему количеству предложенных сочетаний. Было отобрано 6 цветов, имевших наибольший балл и высший коэффициент качества работы k . Эти цвета и названные выше параметры представлены в табл. 1. Учитывая подготовительный, тренировочный характер этого исследования, оценка каждого наблюдателя в конце эксперимента уточнялась им самим; поэтому цифры в этой таблице приведены без учёта статистического разброса оценок.

В основном эксперименте участвовали 6 наблюдателей в возрасте от 20 до 25 лет. Эксперимент длился 6 рабочих дней, в течение которых всем наблюдателям настоятельно рекомендовалось соблюдать режим дня и спать не менее 7 ч в сутки. Наблюдатели разделялись на две группы, первая проходила эксперименты с 10 до 12 ч, а вторая – с 16 до 18 ч, так как по имеющимся данным [9] работоспособность максимальна именно в эти часы. За 6 дней каждый наблюдатель прошёл 6 испытаний с 6 разными цветами фона, включая белый. Каждое исследование состояло из 8-минутного предварительного теста для адаптации к условиям работы и основного 30-минутного теста на зрительную работоспособность. Кроме того, перед тестом на зрительную работоспособность, через 10 и 20 мин. в течение теста и после завершения работы проводился тест на зрительное утомление.

При итоговом опросе все испытуемые (наблюдатели) отметили, что предпочитают работу на цветном фоне работе на белом. По мнению наблюдателей, на многих цветных фонах комфортнее работать и проще замечать изменение знаков в тексте. Наилучшими назвали голубой, зелёный и фиолетовый фоны.

Обобщая полученные результаты, стоит отметить, что при выборе цветного фона важными факторами являются величины напряжённости, длительности и ответственности предлагаемой работы с текстом. По результатам эксперимента авторы выделили 3 группы предпочтительных цветов для фона:

- Цвета, при которых высокая зрительная работоспособность, а зрительное утомление среднее. Рекомендуются при нормальной дневной нагрузке работы с текстом. В данную группу вошли цветные

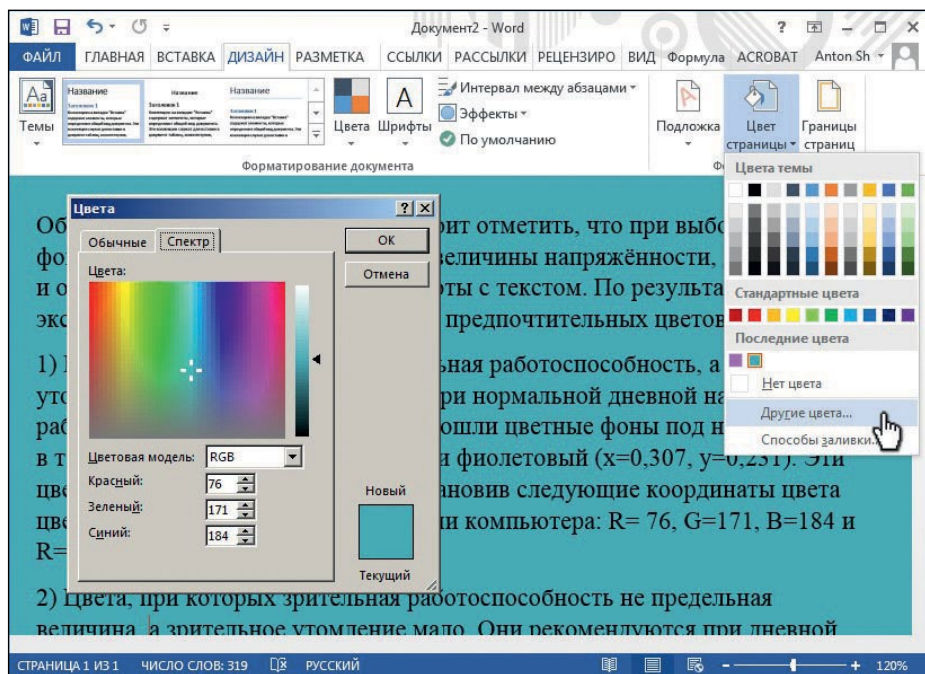


Рис. 1. К выбору координат цвета цветовой системы компьютера для первой группы цветов фона

Таблица 1

Результаты предварительного эксперимента

Образец цвета фона	№ образца цвета фона	Оценка	Коэффициент качества работы k
	1	4,0	0,94
	3	3,9	0,95
	6	3,0	1,00
	8	4,0	0,96
	10	3,3	0,99
	0	4,5	0,93

Таблица 2

Характеристики цветов, рекомендуемых для фона

Цвета	x	y	Яркость фона L_f , кд/м ²	Чистота p , %
Голубые	0,21–0,26	0,30–0,40	65–120	20–40
Зелёные	0,30–0,40	0,40–0,50		30–50
Фиолетовые	0,21–0,31	0,20–0,25		10–30
Оранжево-жёлтые	0,40–0,43	0,35–0,40		20–50

фоны под номерами 3 и 8 в табл. 1: голубой ($x = 0,258, y = 0,326$) и фиолетовый ($x = 0,307, y = 0,231$). Эти цвета на экране можно получить, установив следующие координаты цвета цветовой системы используемого нами компьютера: $R = 76,$

$G = 171, B = 184$ (рис. 1) и $R = 177, G = 109, B = 191$.

- Цвета, при которых зрительная работоспособность не предельная, а зрительное утомление мало. Они рекомендуются при дневной нагрузке пользователя, превышающей нор-

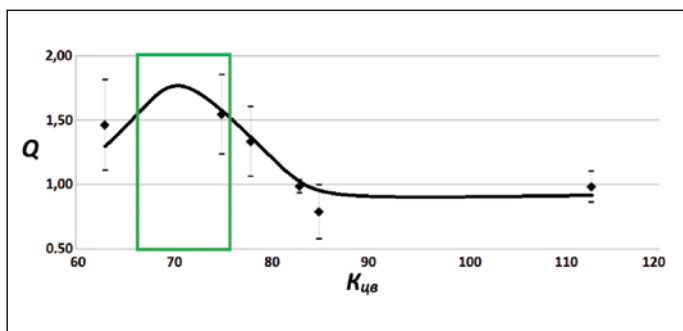


Рис. 2. Зависимость усреднённого по 6 наблюдателям комплексного параметра Q от цветового контраста в порогах. Доверительные интервалы построены для вероятности $p = 0,95$

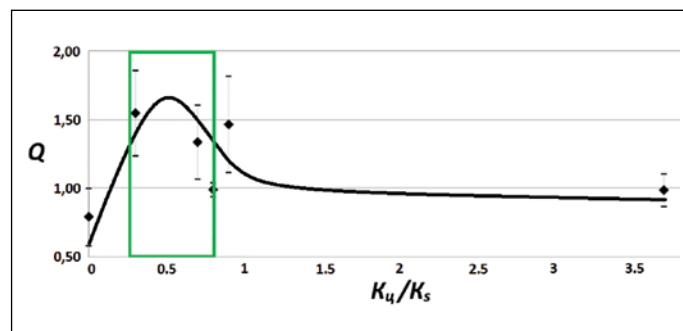


Рис. 3. Зависимость усреднённого по 6 наблюдателям комплексного параметра Q от отношения $K_{ц}/K_{с}$. Доверительные интервалы построены для вероятности $p = 0,95$

мальную нагрузку. К данной группе относится зелёный фон ($x = 0,386$, $y = 0,491$): № 1 в табл. 1. Этот цвет на экране можно получить, установив следующие координаты цвета цветовой системы используемого нами компьютера: $R = 140$, $G = 167$, $B = 73$.

- Цвета, при которых зрительная работоспособность высока и высоко зрительное утомление. Эту группу цветов рекомендуется использовать при краткосрочной работе с текстом. В качестве примера приведём фон ярко-зелёного насыщенного цвета ($x = 0,338$, $y = 0,613$): № 10 в табл. 1. Этот цвет на экране можно получить, установив следующие координаты цвета цветовой системы используемого нами компьютера: $R = 0$, $G = 255$, $B = 0$.

Результаты эксперимента представлены на рис. 2, из которого

видно, что область предпочтительного цветового контраста лежит в пределах от 65 до 75 порогов цветового контраста. Однако цветовой контраст не является решающим, поскольку и белый цвет фона может иметь с символами текста такой же цветовой контраст.

Важной характеристикой служит отношение контрастов знаков с фоном по цветности ($K_{ц}$) и светлоте ($K_{с}$). На рис. 3 приведён график зависимости комплексного показателя Q от этого отношения ($K_{ц}/K_{с}$). Область лучших значений $K_{ц}/K_{с}$ лежит между 0,3 и 0,7. Были определены приемлемые значения $K_{ц}$ и $K_{с}$ – от 50–75 до 20–50 порогов соответственно.

На основании значений $K_{ц}$ на равноконтрастном графике А.Б. Матвеева была определена область лучших цветов для фона (рис. 4). В эту

область входят также красные цвета, однако их использование мы предлагаем исключить, так как они могут негативно влиять на психологическое и физическое состояние человека [2, 10].

В табл. 2 представлены возможные координаты цветности (x , y), диапазоны яркости $L_{ф}$ и чистоты цветов p рекомендуемых нами фонов при работе с чёрным текстом на экране компьютера при яркости букв текста 6 кд/м².

Выводы

Согласно полученным в работе данным, использование цветных фонов вместо белых позволяет удвоить зрительную работоспособность или в 1,5 раза снизить зрительное утомление. По мнению авторов, приемлемые цвета для фона при работе с чёрным текстом могут обладать $K_{ц}$ и $K_{с}$ – от 50–75 до 20–50 порогов соответственно, при этом красные цвета в качестве фона использовать не рекомендуется.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ Р ИСО 9241–8–2007 «Эргономические требования при выполнении офисных работ с использованием видео дисплейных терминалов (ВДТ). Часть 8. Требования к отображаемым цветам».
2. ГОСТ Р 50948–2001 «Средства отображения информации индивидуального пользования. Общие эргономические требования и требования безопасности».
3. Соснова Т.Л., Фрид Ю.В., Соколова Е.Г., Лосева Е.И. Цветовое оформление на железнодорожном транспорте // М.: Транспорт, 1984. – С. 200.
4. Черезова М.В., Кудрявцева М.В., Снетков В.Ю. Тест-программа для оценки качества текстовых изображений на дисплее компьютера // Тезисы докла-

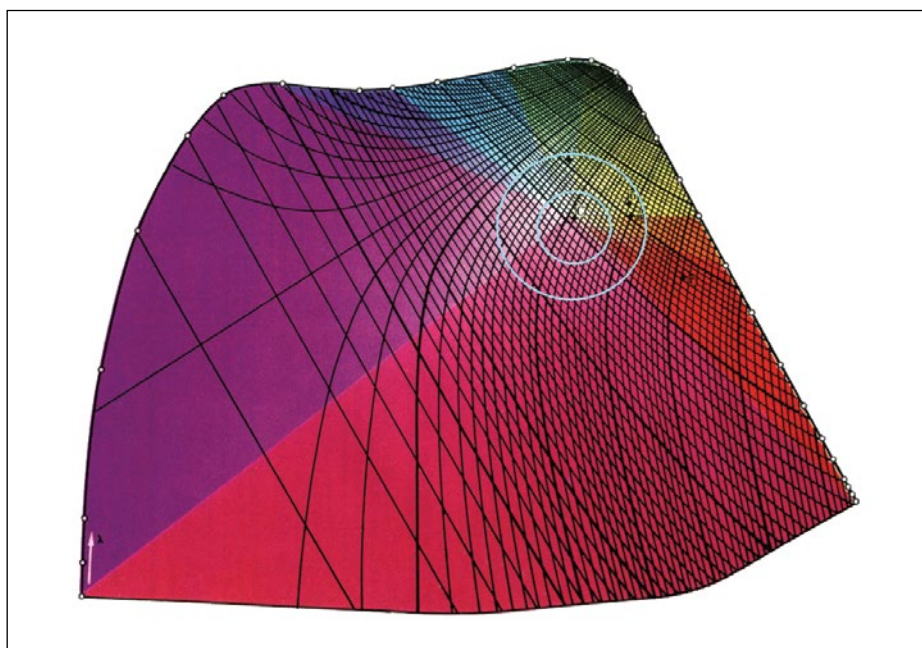


Рис. 4. Область цветов с рекомендуемыми значениями контраста по цветности $K_{ц}$ на равноконтрастной диаграмме цветности А.Б. Матвеева

дов на научно-технической конференции «Молодые светотехники России», М.: Вигма, 2009. – С. 86–88.

5. *Атаев А.Е., Бынина М.В., Снетков В.Ю.* Определение визуальных параметров индивидуальных средств отображения информации // Вестник МЭИ. – 2012. – № 2. – С. 122–125.

6. *Григорьев А.А., Бынина М.В., Снетков В.Ю.* Определение оптимального диапазона контраста знака с фоном индивидуальных средств отображения информации // Вестник МЭИ. – 2012. – № 5. – С. 92–94.

7. *Архангельский В.Д., Снетков В.Ю.* Исследование влияния света на зрительную работоспособность и утомление человека с учетом его циркадных ритмов // Вестник МЭИ. – 2012. – № 6. – С. 219–224.

8. ГОСТ 26320–84 «Оборудование телевизионное студийное и внестудийное. Методы субъективной оценки качества цветных телевизионных изображений».

9. Физиология человека. Под редакцией В.М. Покровского и Г.Ф. Коротко – М.: Медицина, 2001. – С. 656.

10. *Николова Г.А.* Цветовое оформление учебных материалов и его влияние на восприятие информации // Вестник Пермского государственного гуманитарно-педагогического университета. Серия: Информационные компьютерные технологии в образовании. – 2006. – № 2. – С. 77–83.



Кудрякова Софья Михайловна,
магистр техники и технологии по направлению «Электроника и микроэлектроника» и программе «Теоретическая

и прикладная светотехника». Окончила в 2015 г. ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» (специальность «Светотехника и источники света»). Младший инженер по световому оборудованию компании Artemide Agency (ООО), Москва



Снетков Владимир Юрьевич,
кандидат техн. наук, доцент. Окончил в 1974 г. МЭИ (специальность «Светотехника и источники

света»). Доцент кафедры «Светотехника» ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»

«Русский день» на выставке «light + building» во Франкфурте

16 марта на выставке «light + building» во Франкфурте состоялось мероприятие «Information Event Russia» – «Русский день», организованное Российским представительством компании Messe Frankfurt.



Мероприятие было посвящено текущей ситуации и перспективам развития российского рынка светотехнических, электротехнических изделий и автоматизации. Среди выступающих были как ведущие российские эксперты в области светотехники, так и представители иностранных компаний, имеющих свой опыт работы на российском рынке.

Так, Анна Шахпарунянц, генеральный директор ООО «ВНИСИ», выступила с докладом о технических аспектах практики энергосервисных

контрактов в области наружного освещения в России, а генеральный директор «Лайтинг Бизнес Консалтинг» Сергей Боровков рассказал о текущем состоянии светотехнической отрасли российского рынка и его перспективах на ближайшие 4 года.

Во второй половине дня на стенде «boos» состоялся приём в честь вывода на мировой светотехнический рынок новой торговой марки «boos» компании BL Group Europe GmbH.

www.bl-g.ru
17.03.2016

