



ДВУХЭТАПНЫЙ ПОИСК НА ВЕБ-СТРАНИЦАХ: ЭФФЕКТЫ ОРГАНИЗАЦИИ ИНФОРМАЦИИ И СЛОЖНОСТИ ЗАДАЧИ

БЛИННИКОВА И.В.

*Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова
(ФГБОУ ВО «МГУ имени М.В. Ломоносова»),
г. Москва, Российская Федерация
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5163-6859>, e-mail: blinnikovamslu@hotmail.com*

ЗЛОКАЗОВА Т.А.

*Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова
(ФГБОУ ВО «МГУ имени М.В. Ломоносова»),
г. Москва, Российская Федерация
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2627-0303>, e-mail: t.zlokazova@gmail.com*

ГРИГОРОВИЧ С.С.

*Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова
(ФГБОУ ВО «МГУ имени М.В. Ломоносова»),
г. Москва, Российская Федерация
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8777-5516>, e-mail: grigorovich.sergey@gmail.com*

БУРМИСТРОВ И.В.

*Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова
(ФГБОУ ВО «МГУ имени М.В. Ломоносова»),
г. Москва, Российская Федерация
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5352-7859>, e-mail: ivan@interux.com*

В статье описаны результаты экспериментального исследования сложноорганизованного поиска информации на сайтах. Испытуемые решали двухэтапную задачу поиска авиарейсов по заданным параметрам. Изучалось влияние на результат решения задачи двух факторов — тип организации информации на веб-странице и сложность задачи. Анализировались временные параметры поиска, показатели движений глаз и курсора мыши. Результаты показали влияние обоих факторов. Увеличение сложности задачи, связанное с повышением нагрузки на рабочую память, приводило к увеличению среднего времени поиска, средней длительности фиксации и частоты морганий. Организация информации на сайте определяла тип используемых в решении задач стратегий. Одностраничный дизайн приводил к незначительному увеличению времени поиска и обращению к перцептивным стратегиям решения задачи; двухстраничный дизайн — к применению более быстрых, но более ресурсозатратных когнитивных стратегий.

Ключевые слова: поиск на веб-страницах, двухэтапные задачи, сложность задачи, веб-дизайн, когнитивная нагрузка, движения глаз, движения курсора компьютерной мыши.

Для цитаты: Блинникова И.В., Злоказова Т.А., Григорович С.С., Бурмистров И.В. Двухэтапный поиск на веб-страницах: Эффекты организации информации и сложности задачи // Экспериментальная психология. 2020. Том 13. № 3. С. 15—30. DOI: <https://doi.org/10.17759/expsy.2020130302>



TWO-STAGE SEARCH ON WEB PAGES: EFFECTS OF INFORMATION ORGANISATION AND TASK COMPLEXITY

IRINA V. BLINNIKOVA

Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5163-6859>, e-mail: blinnikovamslu@hotmail.com

TATIANA A. ZLOKAZOVA

Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2627-0303>, e-mail: t.zlokazova@gmail.com

SERGEY S. GRIGOROVICH

Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8777-5516>, e-mail: grigorovich.sergey@gmail.com

IVAN V. BURMISTROV

Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5352-7859>, e-mail: ivan@interux.com

In this paper we describe the results of an experimental study of a complex web search. Participants completed a two-stage search task: they were asked to find plane tickets with given parameters. The influence of two factors was considered: (1) web page design and (2) task complexity. We analysed the speed of the search, parameters of eye movements and mouse pointer movements during the search task. The results demonstrated the influence of both factors. Higher task complexity (linked to the higher working memory load) was associated with an increase in the average search time, and also with an increase in the average fixation duration and blink frequency. The organisation of information on web pages determined the strategy used to accomplish the search task. The one-page design resulted in an insignificant increase in search time, and in the use of perceptual search strategies. The two-page design resulted in the use of faster, but more resource demanding cognitive strategies.

Keywords: web page search, two-stage tasks, task complexity, web design, cognitive load, eye movements, mouse pointer movements.

For citation: Blinnikova I.V., Zlokazova T.A., Grigorovich S.S., Burmistrov I.V. Two-Stage Search on Web Pages: Effects of Information Organisation and Task Complexity. *Экспериментальная психология = Experimental Psychology (Russia)*, 2020. Vol. 13, no. 3, pp. 15–30. DOI:<https://doi.org/10.17759/exppsy.2020130302> (In Russ.).

Введение

Интернет как источник информации превращается в важную часть человеческой жизни, а поиск в Сети оказывается повседневной активностью многочисленных пользователей и привлекает внимание исследователей из разных научных дисциплин [1; 12]. Цель данной работы заключается в выявлении влияния факторов сложности задачи и пространственной организации информации на эффективность и стратегии поиска на веб-страницах.

Для экспериментального моделирования интернет-поиска мы выбрали распространенную задачу — поиск билетов на авиа-агрегаторах¹. Возможность покупать авиабилеты на сай-

¹ Авиа-агрегаторы — это поисковики, которые ищут авиабилеты на ресурсах всех авиакомпаний и туристических агентств. Для разработчиков любых агрегаторов необходимо учитывать характер поисковой активности человека [1].



тах впервые появилась в 1995 г.; сейчас такие услуги предлагают авиакомпании, туристические фирмы и специализированные ресурсы [17]. Типичный алгоритм действий по выбору авиарейсов включает 5 шагов: 1) заполнение формы для введения пункта назначения, даты вылета; 2) поиск наиболее приемлемого рейса «туда» и/или «обратно» в списке предложений; 3) выбор рейсов; 4) создание формы с деталями перелета; 5) оплата с помощью специальных веб-ресурсов [28]. В нашем исследовании эта активность анализировалась лишь частично: испытуемые искали рейсы «туда» и «обратно» и делали свой выбор из нескольких альтернатив.

Поисковое поведение человека в интернет-среде зависит от характера представления и организации информации. В литературе можно найти данные о влиянии разных параметров дизайна на успешность обнаружения значимой информации [7; 15], таких как эффекты использования различных шрифтов [36]; контрастности изображения [27], его цветового решения [37]; симметрии и числа композиционных элементов веб-страниц [3; 25]. В ряде работ [8; 14; 22] установлена связь между особенностями дизайна сайтов авиабилетов и частотой посещения этих веб-ресурсов. В гораздо меньшем числе работ рассматриваются факторы пространственной организации и компоновки сайта [9; 13]. Однако для изучения работы пользователей с агрегаторами пространственное расположение информации имеет существенное значение [2].

В нашем исследовании мы сосредоточимся на сравнении одно- и двухстраничного дизайна сайтов. Именно этот параметр дифференцирует сегодня ресурсы, предлагающие бронирование и покупку авиабилетов. Существует две модели организации информации о рейсах: сайты, в которых перелеты «туда» и «обратно» представлены на одной странице (используется, в частности, компаниями Alitalia, Aeroflot), и сайты, где списки рейсов в одну и другую сторону представлены на разных страницах (используют такие авиакомпании, как Air France, KLM, Delta). На первый взгляд кажется, что одностраничный дизайн является более «дружелюбным» для пользователей, однако то, что многие компании придерживаются другой модели, свидетельствует о неоднозначных оценках специалистов.

Сложность задачи, наряду с веб-дизайном, определяет характер поисковой активности в интернет-среде. В когнитивных исследованиях было показано, что сложность поисковой задачи зависит от числа параметров, задающих цель поиска, их связанности друг с другом, а также количества дистракторов и их сходства с целевым стимулом [32]. Сложность также определяется необходимостью выполнять ментальные операции [29] и уровнем когнитивной нагрузки² [16], связанными с обращением к ресурсам рабочей памяти³. При этом, чем выше сложность, тем менее быстрым и точным становится поиск [33]. Эти закономерности подтверждены в исследованиях поиска на веб-страницах [11; 12].

При изучении поискового поведения в интернет-среде используется несколько блоков показателей. Прежде всего это показатели результативности — время и точность выполнения задачи. Но в последние десятилетия исследователи все чаще обращаются к характеристикам окулomotorной активности [6; 15; 18]. Выделен ряд параметров движений взора, которые являются важными для оценки веб-дизайна [13; 15; 31]. В частности, было показано, что при усложнении задачи и возрастании когнитивной нагрузки растет коли-

² Когнитивная нагрузка понимается как требования к ресурсам рабочей памяти или другим подсистемам когнитивных ресурсов; она связывается с уровнем умственных усилий, прилагаемых к решению задач.

³ Рабочая память рассматривается как ограниченный когнитивный ресурс, позволяющий репрезентировать, удерживать и обрабатывать информацию (в частности, выполнять ментальные операции) в течение коротких промежутков времени. Когнитивные ресурсы в широком смысле слова — это система средств (мощностей), которые могут быть использованы для решения задач.

чество фиксации и их длительность [10], снижаются скорость, длительность и амплитуда саккад [20; 23], изменяются частота морганий и диаметр зрачка [30].

Гораздо реже анализируются характеристики движений курсора компьютерной мыши⁴, хотя уже можно найти данные, позволившие их классифицировать [19] и выделить базовые показатели (такие как количество и амплитуда движений курсора). Отдельным параметром является соотношение между направлением взора и курсора [24]. Установлено, что в заданиях с предсказуемым положением цели движения курсора начинались до непосредственного зрительного контроля, а в задачах на нахождение и перемещение объектов на веб-страницах расстояние между взглядом и курсором сокращалось [4].

Проведенный анализ позволил сформулировать несколько гипотез нашего эксперимента. Мы предполагали, что возрастание сложности задачи приведет к замедлению поиска и характерным изменениям в движениях глаз и руки испытуемого.

Характер организации информации на сайте предположительно будет определять эффективность поиска и отражаться в особых паттернах движения глаз и мыши, однако заранее определить, какой из видов дизайна — одно- или двухстраничный — приведет к более эффективному решению задачи, было достаточно трудно. Одностраничный дизайн обеспечивает более высокую доступность информации, но создает так называемую «зрительную перегруженность» («display clutter») [25]. Двухстраничный дизайн, напротив, более жестко разделяет информационные блоки, но в то же время ограничивает доступ ко всему объему информации, что способствует снижению перцептивной нагрузки, но увеличению когнитивной.

Также мы ожидали обнаружить эффекты взаимодействия данных факторов: предполагалось, что в решении простых задач не будет обнаружено существенных различий при разных типах организации информации, но в решении сложных задач одностраничный дизайн будет облегчать, а двухстраничный — затруднять поисковую активность.

Методика

Выборка. 23 испытуемых (студенты московских вузов): 12 женщин и 11 мужчин в возрасте от 19 до 34 лет (среднее — 22,6 лет).

Стимульный материал. Для эксперимента были специально разработаны слайды, представляющие собой модели веб-страниц сайтов-агрегаторов авиабилетов. Они были сгенерированы псевдослучайно (случайные с исключением повторений) и содержали: 1) инструкцию; 2) названия авиакомпаний и цены билетов; 3) время вылета/прилета каждого рейса в списке; 4) элементы управления: «кнопки» выбора рейса и подтверждения ответа (рис. 1). Каждый список рейсов задавал новый маршрут и включал 9 вариантов перелетов; положение правильного ответа в списке (в верхней/центральной/нижней части) распределялось между слайдами равномерно псевдослучайно. Это снижало эффекты потери интереса, научения и привыкания.

Дизайн эксперимента. Экспериментальный план включал повторные измерения с варьированием двух факторов.

1. Тип организации информации на веб-страницах, который «задавал» определенный режим осуществления поиска, 2 уровня (рис. 1):

- а) совмещенное предъявление двух частей задания на одной странице;
- б) последовательное предъявление двух частей задания на разных страницах.

⁴ Компьютерная «мышь» относится к категории устройств непрямого манипулирования, ее использование требует некоторого периода адаптации, соотношения движений руки и перемещений курсора на мониторе [26].



Рис. 1. Примеры заданий, выполняемых в условиях разных типов организации информации на веб-страницах

2. Сложность поискового задания, 2 уровня (рис. 2):

а) простое задание — две части задания не связаны между собой и выполняются независимо друг от друга;

б) сложное задание — две части задания взаимосвязаны, необходимо удерживать в памяти результаты поиска в 1-й части, чтобы правильно выполнить 2-ю часть.

Эксперимент состоял из двух серий: 1) с «совмещенным» типом предъявления информации; 2) с «последовательным». Порядок их выполнения был сбалансирован по выборке испытуемых.

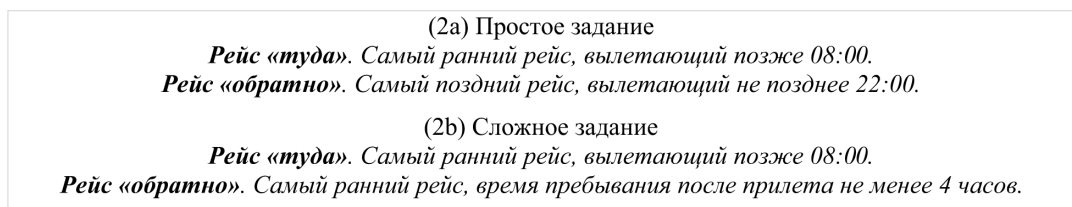


Рис. 2. Примеры заданий разного уровня сложности

Процедура. Испытуемый располагался на расстоянии приблизительно 60 см от монитора, на котором предъявлялся стимульный материал. Лобно-подбородная опора не использовалась, испытуемый чувствовал себя свободно. Каждый участник выполнял 32 задания, по 16 в каждой серии (8 простых и 8 сложных). В начале каждой серии испытуемые выполняли два тренировочных задания (которые не учитывались в обработке). Перед каждой серией проводилась калибровка аппаратуры для регистрации движений глаз.

Регистрируемые показатели. Регистрировались время выполнения каждого задания, а также параметры движений глаз и курсора мыши относительно слайда в целом и отдельно относительно ключевой зоны интереса (области, где была размещена информация о времени вылета/прилета рейсов). Анализ осуществлялся как для каждого этапа выполнения задачи, так и для задачи в целом.

Оборудование. Движения глаз регистрировались бесконтактной видеосистемой EyeLink 1000, SR Research, Канада без лобно-подбородной опоры. Запись движений глаз и мыши, а также видеозахват экрана производились программой SR Screen Recorder 1.0. Координаты траектории перемещения взгляда записывались с временным разрешением 500 Гц; траектория курсора мыши и клики — 60 Гц. Задания предъявлялись на компьютере с операционной системой Microsoft Windows 7 Professional (дисплей с диагональю 17 дюймов, разрешение 1280x1024, частота обновления экрана 60 Гц).

Обработка данных. Всего в ходе эксперимента было записано 736 проб. Шесть записей были исключены из-за сбоя в калибровке ай-трекера. Также в процессе обработки записей движений глаз были предприняты усилия для элиминации артефактов. Из набора данных каждого испытуемого в каждом задании устранялись фиксации за пределами экрана, фиксации и саккады непосредственно до и после моргания, а также проводилось усеменение фиксаций с максимальной и минимальной длительностью (симметрично по 1,5%)⁵.

Анализ записанных показателей проводился с помощью двухфакторного дисперсионного анализа с повторными измерениями с использованием пакета SPSS'21. Предварительно для всех зависимых переменных проводилась проверка на нормальность распределения (критерий Колмогорова—Смирнова) и предположение о сферичности данных (тест Моучли). Обе проверки позволили использовать дисперсионный анализ без дополнительных поправок.

Результаты

1. Влияние факторов типа организации информации и сложности задачи на параметры времени поиска, движений глаз и курсора мыши.

Прежде всего были проанализированы влияния экспериментальных факторов на средние значения измеряемых параметров при выполнении поисковой задачи в целом. Результаты описательной статистики представлены в табл. 1, результаты дисперсионного анализа — в табл. 2.

⁵ Для усеечения выбросов существует ряд применяемых подходов [см., например: 35], как опирающихся на моделирование распределения изучаемой переменной, так и на межпроцентильный интервал. Одной из практик в анализе наборов данных является исключение фиксированной доли максимальных и минимальных значений при подсчете среднего (частным случаем является «олимпийское среднее», исключение максимального и минимального значений, по аналогии с правилом исключения максимального и минимального балла судей на Олимпийских играх). В данной работе мы использовали консервативный подход, ведущий к исключению суммарно не более 3% наблюдений, симметрично отсекая 1,5% максимальных и минимальных значений в наборах данных в каждой пробе.



Время поиска зависело в большей степени от уровня сложности задачи, чем от характеристик организации информации. Был обнаружен значимый эффект фактора сложности задачи на среднее время поиска ($F(1,726)=30,436; p<0,001; \eta_p^2=0,622$) — оно было выше на 6,5 секунд в случае более сложных задач, которые предполагали более высокую нагрузку на рабочую память. Для фактора организации информации и взаимодействия двух факторов не было обнаружено статистически значимых эффектов.

Окуломоторные показатели. Были проанализированы показатели средней длительности фиксаций, амплитуды саккад и частоты морганий.

Для *средней длительности фиксаций* были продемонстрированы значимые эффекты как фактора организации информации на веб-странице ($F(1,726)=51,566; p<0,001; \eta_p^2=0,382$), так и фактора сложности задачи ($F(1,726)=68,704; p<0,001; \eta_p^2=0,703$). Значения показателя выше для последовательного типа организации информации, а также для сложных задач.

Что касается *средней амплитуды саккад*, то она зависела только от фактора организации информации ($F(1,726)=184,148; p<0,001; \eta_p^2=0,493$). Более протяженные по амплитуде саккады регистрировались в случае совмещенного предъявления двух частей задачи, что ожидаемо и является следствием особенностей дизайна веб-страниц в нашем эксперименте.

Средняя частота морганий зависела только от фактора сложности задачи ($F(1,726)=10,689; p<0,01; \eta_p^2=0,104$) — она равномерно возрастала при выполнении более сложных поисковых задач.

Таблица 1

Описательные статистики* диагностических показателей при выполнении поисковых задач

Тип организации информации	Совмещенное предъявление		Последовательное предъявление	
	Простое	Сложное	Простое	Сложное
Скорость осуществления поиска				
Время поиска (с)	29,9 (20,3)	37,8 (21,4)	29,1 (15,3)	34,3 (14,2)
Показатели движений глаз				
Длительность фиксаций (мс)	329,2 (44,2)	349,7 (53,6)	347,1 (50,3)	368,7 (55,5)
Амплитуда саккад (пикс)	145,6 (43,6)	149,8 (32,6)	124,2 (19,6)	125,9 (20,1)
Средняя частота морганий (ед/мин)	11,7 (11,0)	12,9 (10,2)	11,6 (10,5)	12,6 (10,0)
Показатели движений курсора мыши				
Количество саккад (ед)	12,8 (7,3)	14,9 (9,8)	13,4 (9,6)	14,1 (8,4)
Амплитуда саккад (пикс)	265,0 (97,9)	253,3 (88,9)	254,9 (97,6)	239,3 (89,1)
Среднее расстояние между координатами взгляда и курсора (пикс)	316,5 (84,9)	324,3 (85,5)	308,6 (87,8)	297,8 (84,3)

Примечание: «*» — указаны величины средних значений и стандартных отклонений (в скобках).

Характеристики движений курсора мыши. Анализ использования мыши в ходе выполнения задания строился на основе двух ключевых показателей: числа движений (включая манипуляции, которые не завершаются нажатием) и их амплитуды.

Количество саккад курсора мыши значимо различалось в заданиях разной сложности ($F(1,726)=9,949; p<0,01; \eta_p^2=0,274$), являясь более высоким для более сложных задач. Значимые различия для фактора типа организации информации отсутствовали.

Амплитуда движений курсора мыши также зависела от фактора сложности ($F(1,726)=6,127; p<0,05; \eta_p^2=0,375$) — значения выше для более сложных задач. Обнаружен и значимый эффект фактора типа организации информации на веб-странице — амплитуда саккад курсора обладает большей протяженностью при «совмещенном» предъявлении, что ожидаемо и может быть объяснено скользящими движениями курсора при переходе между двумя одновременно предъявленными списками в дополнение к остальным движениям.

Среднее расстояние между положением взора и курсора мыши на экране монитора зависело от фактора организации информации — оно было больше для условия совмещенного предъявления списков рейсов. Для фактора сложности задачи значимых эффектов получено не было, однако было обнаружено значимое взаимодействие двух экспериментальных условий ($F(1,726)=5,078; p<0,05; \eta_p^2=0,218$). Среднее расстояние между взглядом и курсором было больше при «совмещенном» типе организации информации на веб-странице, при этом если для простых задач эти различия были умеренно выраженными, то для сложных они заметно возрастали — минимальное расхождение между координатами взгляда и курсора наблюдалось при выполнении сложных задач при последовательном предъявлении их частей, а максимальное — при выполнении сложных задач в условиях совмещенного предъявления. Это говорит о возрастании роли курсора как вспомогательного средства при усложнении самих поисковых задач и условий их выполнения.

Таблица 2

Эффекты факторов типа организации информации и сложности задания на диагностические показатели*

Значимые эффекты	Тип организации информации	Сложность задания	Тип организации информации × Сложность задания
<i>Скорость осуществления поиска</i>			
Время поиска (с)	F=3,481; p=0,063	F=30,436; p<0,001	F=1,318; p=0,215
<i>Показатели движений глаз</i>			
Длительность фиксации (мс)	F=51,566; p<0,001	F=68,704; p<0,001	F=0,037; p=0,848
Амплитуда саккад (пикс)	F=184,148; p<0,001	F=3,163; p=0,076	F=0,481; p=0,488
Частота морганий (ед/мин)	F=0,514; p=0,474	F=10,689; p<0,001	F=0,006; p=0,940
<i>Показатели движений курсора мыши</i>			
Количество саккад (ед)	F=0,015; p=0,903	F=9,949; p<0,001	F=1,725; p=0,190
Амплитуда саккад (пикс)	F=4,224; p<0,05	F=6,127; p<0,05	F=0,117; p=0,732
Среднее расстояние между координатами взгляда и курсора (пикс)	F=13,116; p<0,001	F=0,083; p=0,773	F=5,078; p<0,05

Примечание: «*» — использовался двухфакторный дисперсионный анализ с повторными измерениями. Значения F-критерия Фишера рассчитаны при степенях свободы $df_{bg} = 1$ (для обоих факторов и взаимодействия); $df_{wg} = 726$. Значимые эффекты выделены жирным шрифтом.

2. Влияние факторов типа организации информации и сложности задачи на временные и окуломоторные параметры на разных этапах выполнения двухшаговой поисковой задачи.

Далее был проведен анализ показателей в ключевой зоне интереса (данных о времени вылета/прилета рейсов) на разных этапах выполнения поисковой задачи: первый этап — поиск рейса «туда» в первом списке, второй этап — поиск рейса «обратно» во втором спи-



ске. В анализ был включен дополнительный фактор этапа выполнения задачи. Величины средних значений и стандартных ошибок отражены на рис. 3–5; результаты дисперсионного анализа с повторными измерениями – в табл. 3.

Таблица 3

Эффекты факторов типа организации информации и сложности задания на диагностические показатели в зависимости от этапа выполнения поисковой задачи*

Значимые эффекты	Этап (список)	Этап (список) × Тип организации информации	Этап (список) × Сложность задания	Этап (список) × Тип организации информации × Сложность задания
Время в зоне интереса (<i>c</i>)	F=22,996; p<0,001	F=0,002; p=0,966	F=5,390; p<0,05	F=14,132; p<0,001
Длительность фиксации в зоне интереса (<i>mc</i>)	F=0,330; p=0,561	F=11,270; p=0,001	F=9,656; p<0,01	F=26,387; p<0,001
Кол-во саккад, входящих в зону интереса (<i>ed</i>)	F=6,505; p=0,01	F=2,440; p=0,119	F=25,199; p<0,001	F=3,607; p=0,058

Примечание: «*» – значения F-критерия Фишера рассчитаны при степенях свободы $df_{bg} = 1$ (для обоих факторов и взаимодействия); $df_{wg} = 726$. Значимые эффекты выделены жирным шрифтом.

Среднее время в зоне интереса – данные описательной статистики представлены на рис. 3. Обнаружены значимые эффекты фактора «Этап выполнения поисковой задачи»: среднее время нахождения взгляда в ключевой зоне интереса ($F(1,726)=22,996; p<0,001; \eta_p^2=0,486$) больше на втором этапе.

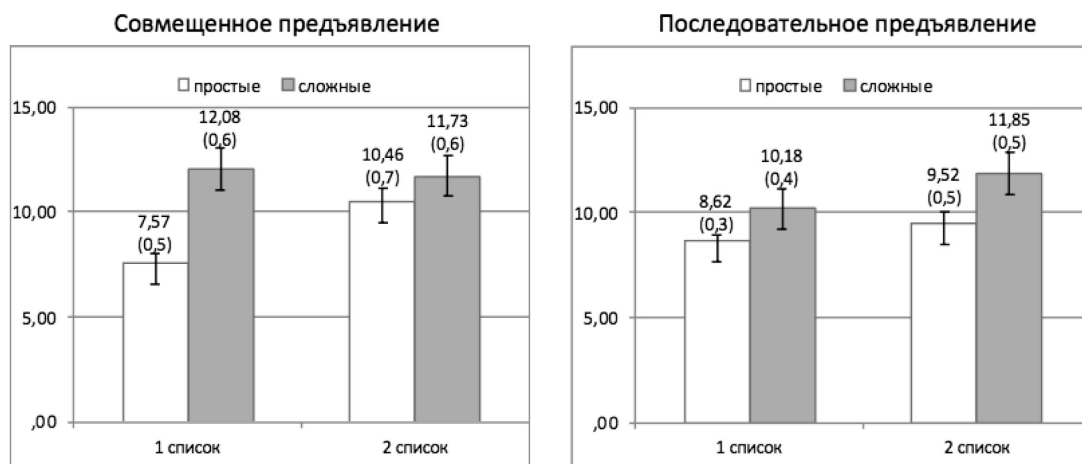


Рис. 3. Среднее время, проведенное в зоне интереса, с (планки погрешностей обозначают стандартные ошибки среднего)

Получены умеренно выраженные эффекты взаимодействия факторов этапа выполнения задачи и сложности задачи ($F(1,726)=5,390; p<0,05; \eta_p^2=0,119$): для простых задач

время является наименьшим на первом этапе, но возрастает на втором, а для сложных является высоким, как на первом, так и на втором этапах. Также было обнаружено трехфакторное взаимодействие этапа выполнения задачи, сложности задачи и типа организации информации на веб-странице ($F(1,726)=14,132$; $p<0,001$; $\eta_p^2=0,375$): если при последовательном предъявлении время в ключевой зоне интереса постепенно возрастает при переходе от первого ко второму списку для простых и сложных задач, то при совмещенном оно более выражено нарастает при переходе ко второму списку в случае простых задач, но остается высоким и имеет некоторую тенденцию к снижению в случае сложных.

Окуломоторные показатели.

Средняя длительность фиксации в зоне интереса (рис. 4): не было обнаружено значимых влияний этапа выполнения задачи, но были получены значимые эффекты взаимодействия данного фактора с фактором типа организации информации ($F(1,726)=11,270$; $p=0,001$; $\eta_p^2=0,179$): при совмещенном предъявлении длительность фиксации является более высокой на первом этапе и существенно снижается при переходе ко второму этапу; при последовательном предъявлении наблюдается обратная закономерность. Взаимодействие фактора этапа выполнения задачи и фактора сложности задачи также было значимым ($F(1,726)=9,656$; $p<0,01$; $\eta_p^2=0,168$): для простых задач длительность фиксации в ключевой зоне интереса была относительно низкой и имела тенденцию к повышению при переходе от первого ко второму списку; в случае сложных задач общая длительность фиксации была более высокой и снижалась при переходе ко второму списку.

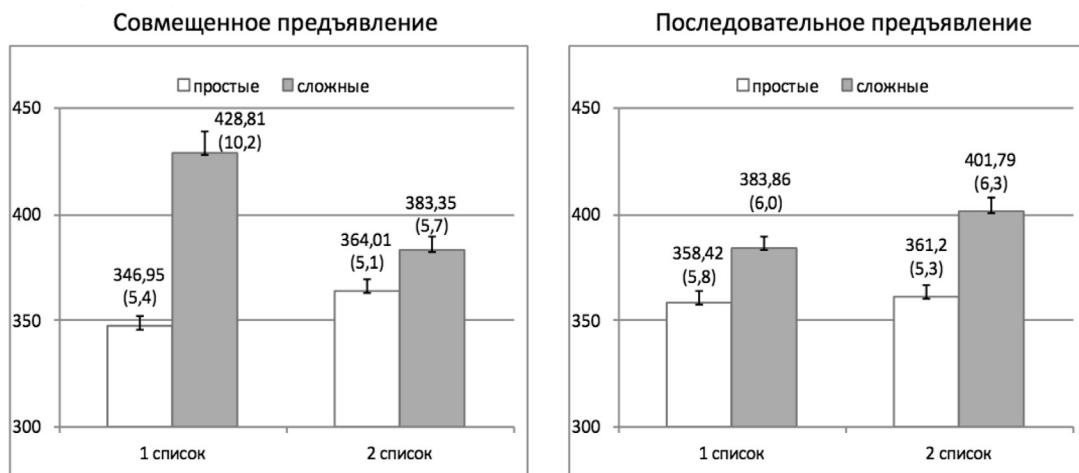


Рис. 4. Средняя длительность фиксации в зоне интереса, мс
 (планки погрешностей обозначают стандартные ошибки среднего)

Обнаружено значимое взаимодействие трех факторов ($F(1,726)=26,387$; $p<0,001$; $\eta_p^2=0,432$). В условиях совмещенного предъявления различия в средней длительности фиксации на ключевой зоне интереса между условиями простых и сложных задач являются максимальными на первом этапе, однако при переходе ко второму этапу происходит заметное «сближение» данных показателей. При последовательном предъявлении списков рейсов, напротив, наблюдается тенденция к их «расхождению».

Количество саккад, входящих в зону интереса (рис. 5). Обнаружен значимый эффект этапа выполнения поисковой задачи ($F(1,726)=6,505$; $p=0,01$; $\eta_p^2=0,146$): на втором этапе (поиск обратного рейса) количество саккад уменьшается.

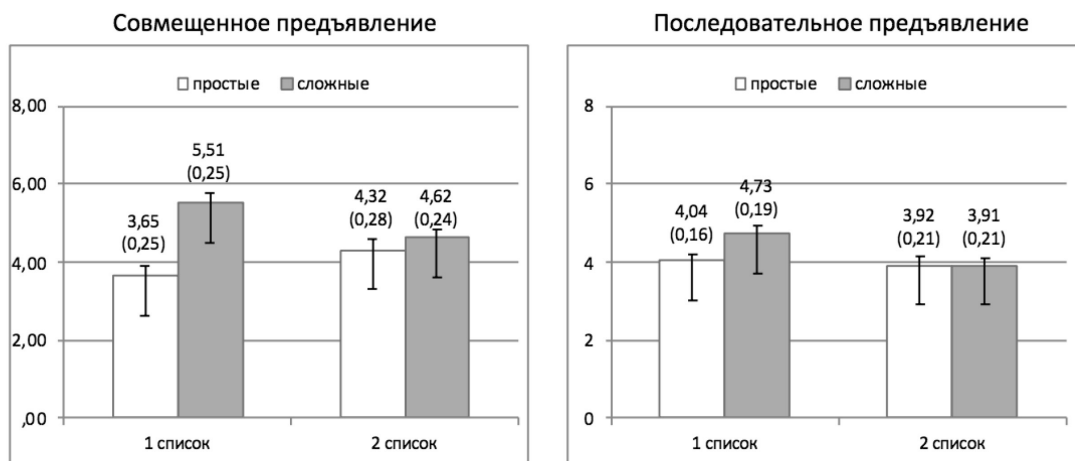


Рис. 5. Среднее количество саккад, входящих в зону интереса, ed (планки погрешностей обозначают стандартные ошибки среднего)

Также получен эффект взаимодействия данного фактора с фактором сложности задачи ($F(1,726)=25,199$; $p<0,001$; $\eta_p^2=0,421$): для простых задач количество саккад на первом этапе является наименьшим и несколько возрастает при переходе ко второму этапу; для сложных задач количество саккад на первом этапе является более высоким и снижается на втором.

Обсуждение и выводы

Полученные данные продемонстрировали влияние на регистрируемые показатели (время поиска, параметры движения глаз и курсора мыши) как фактора сложности задачи, так и фактора организации информации на веб-странице. Также был обнаружен ряд значимых взаимодействий между факторами. Наибольшее число эффектов было связано с фактором сложности поисковой задачи. Показано, что увеличение нагрузки на рабочую память приводит к увеличению среднего времени интернет-поиска, а также характеризуется повышением длительности фиксаций и частоты морганий. Эти результаты хорошо согласуются с данными других работ [5; 10; 15; 34].

Что касается фактора пространственной организации информации на веб-странице, то здесь были получены менее однозначные результаты. Мы предполагали, что «совмещенный» тип предъявления двух частей задачи на одной странице позволит быстрее осуществлять выбор правильного ответа, однако значимых различий не было обнаружено. «Совмещенное» предъявление не позволяло выиграть в скорости интернет-поиска, несмотря на то, что при «последовательном» предъявлении испытуемые затрачивали дополнительное время на подтверждение своего выбора на первом этапе выполнения задачи.

Анализ различий показателей движений глаз и курсора мыши показал, что в условиях «совмещенного» дизайна испытуемые активно пользуются возможностью возвращаться от второй к первой части задачи (что проявляется в увеличении амплитуд саккад глаза и мыши), при этом они испытывают меньшую когнитивную нагрузку (что проявляется в

более коротких фиксациях и увеличении среднего расстояния между положением взора и курсора). Таким образом, можно заключить, что незначительное увеличение времени поиска на веб-странице при совмещенном дизайне связано с реализуемой в этих условиях стратегией, которую можно назвать «перцептивной». Испытуемые активно сканируют веб-страницу, собирая и перепроверяя нужную информацию, минимально нагружая рабочую память.

Последовательная презентация разных частей задания заставляет пользователей больше опираться на когнитивные ресурсы. В данном случае переход ко второй части задачи сопровождается переходом на другую страницу. Это заставляет испытуемых удерживать в рабочей памяти результат первого этапа интернет-поиска и усиливает когнитивную нагрузку. Происходит повышение внутренней «цены деятельности» пользователя, что, прежде всего, выражается в увеличении средней длительности фиксаций, а также в более активном использовании курсора мыши в качестве вспомогательного средства, особенно при решении сложных задач. Здесь мы можем говорить о «когнитивной» стратегии, которая, хотя и требует больших усилий, приводит к более быстрому выполнению задания⁶.

Если обратиться к одному из ключевых показателей когнитивной нагрузки — средней длительности фиксаций [34], то стоит подчеркнуть, что в нашем исследовании были получены два значимых факта. Повышение сложности задачи добавляет примерно 20 мс к средней длительности фиксаций, как в случае расположения списков авиарейсов на одной странице, так и на двух следующих друг за другом страницах. Последовательное предъявление списков рейсов (в сравнении с «совмещенным») также увеличивает среднюю длительность фиксаций примерно на 19 мс, этот эффект проявляется в равной мере для простых и сложных задач. Такие результаты свидетельствуют о том, что вклад факторов носит аддитивный характер, другими словами, нагрузка суммируется. Это может быть проинтерпретировано как то, что существует два типа когнитивной нагрузки: одна связана с факторами дизайна или контекста, а другая — с факторами задачи.

Более ясное понимание особенностей решения простых и сложных задач при разных условиях предъявления информации на сайте мы получили при сравнении распределения когнитивных ресурсов между первым и вторым этапом выполнения поискового задания.

Как в условиях «совмещенного», так и в условиях «последовательного» предъявления, выполнение простых задач сопровождается относительно низкими значениями измеряемых показателей на первом этапе выполнения с тенденцией к некоторому увеличению большинства из них на втором этапе.

Решение сложных задач в условиях разного типа пространственной организации информации на веб-страницах характеризуется более выраженными разнонаправленными тенденциями на двух этапах выполнения. Для условия «совмещенного» предъявления информации при переходе от первого ко второму списку авиарейсов среднее время нахождения в ключевой зоне интереса несколько снижается, средняя длительность фиксаций заметно уменьшается, также незначительно уменьшается количество саккад вхождения в данную зону. Для условия «последовательного» предъявления, напротив, при переходе от первого ко второму этапу задания среднее время нахождения в зоне интереса, длительность

⁶ Разделение перцептивной и когнитивной нагрузки было предложено и активно разрабатывается в работах Н. Лави и ее коллег [21].



фиксаций в данной зоне, а также количество «входов» в нее имеют тенденцию к росту. Все это подтверждает существование выделенных «перцептивной» и «когнитивной» стратегий, первая из которых направлена на постоянное обращение к предъявленному материалу, а вторая — к информации, сохраняющейся в рабочей памяти.

Таким образом, можно заключить, что пространственная организация информации на сайте определяет «окно возможностей» для использования тех или иных стратегий в решении задач. Одностраничный дизайн приводит к незначительному увеличению времени поиска и обращению к перцептивным стратегиям решения задачи. Это выражается в том, что испытуемые тратят больше когнитивных усилий на выполнение первого этапа задачи. Двухстраничный дизайн способствует применению более быстрых, но ресурсозатратных когнитивных стратегий.

Результаты исследования позволяют сделать следующие **выводы**:

1. Первая выдвинутая гипотеза полностью подтвердилась. Усложнение задачи приводит к снижению скорости поиска на веб-странице и сопровождается повышением когнитивной нагрузки (по показателям средней длительности фиксаций и средней частоты морганий).

2. Вторая гипотеза также нашла подтверждение. Были выявлены эффекты пространственной организации информации на веб-страницах. «Совмещенное» предъявление двух частей задачи на одной веб-странице (в сравнении с «последовательным» предъявлением) позволяет осуществить поиск с меньшими затратами когнитивных ресурсов (по показателям длительности фиксаций и среднего расстояния между положением взгляда и курсора компьютерной мыши); тип дизайна определяет выбор стратегии решения поисковой задачи — «перцептивной» в условиях одностраничного дизайна и «когнитивной» в условиях двухстраничного предъявления информации.

3. Было установлено, что оба анализируемых фактора — сложность задачи и пространственная организация информации на сайте — задают свой уровень когнитивной нагрузки. При этом характер влияния обоих факторов носит аддитивный характер, другими словами, их влияние суммируется.

4. Роль фактора организации информации на веб-страницах становится более заметной при возрастании сложности задач. В ситуации выполнения сложных задач наблюдается расходящееся взаимодействие между фактором этапа задачи и веб-дизайна. «Совмещенный» дизайн предъявления информации при переходе от первого ко второму списку авиарейсов приводит к уменьшению времени нахождения в ключевой зоне интереса, снижению средней длительности фиксаций и сокращению числа саккад вхождения в данную зону. «Последовательный» дизайн организации информации на сайтах при переходе от первого ко второму этапу задания способствует увеличению среднего времени нахождения в зоне интереса, повышению средней длительности фиксаций в данной зоне, возрастанию числа «входов» в эту зону.

В заключение стоит подчеркнуть, что полученные данные позволили лучше понять процессы сканирования и извлечения информации при осуществлении поиска на веб-сайтах и выявить значимые эффекты факторов сложности задачи и пространственной организации веб-страниц. Установленные закономерности могут быть использованы при разработке более «дружелюбного» (удобного пользователю) веб-дизайна, как для сайтов, предназначенных для бронирования и покупки авиабилетов, так и для других интернет-ресурсов, предоставляющих пользователям большие объемы информации.



Литература/References

1. *Arguello J.* Aggregated search // *Foundations and Trends in Information Retrieval*. 2017. Vol.10. № 5. P. 365–502. DOI: 10.1561/15000000052
2. *Arguello J., Choi, B.* The effects of working memory, perceptual speed, and inhibition in aggregated search // *ACM Transactions on Information Systems*. 2019. Vol. 37, P. 1–34. DOI: 10.1145/3322128
3. *Bauerly M., Liu, Y.* Effects of Symmetry and Number of Compositional Elements on Interface and Design Aesthetics // *International Journal of Human-Computer Interaction*. 2008. Vol. 24, № 3. P. 275–287. DOI: 10.1080/10447310801920508
4. *Bieg H.-J., Chuang L.L., Fleming R.W., Reiterer H., Bülthoff H.H.* Eye and pointer coordination in search and selection tasks // *Proceedings of the 2010 Symposium on Eye-Tracking Research & Applications (ETRA '10)*. New York: ACM, 2010. P. 89–92. DOI: 10.1145/1743666.1743688
5. *Blinnikova I.V., Rabeson M.D., Izmalkova A.I.* Eye movements and word recognition during visual semantic search: differences between expert and novice language // *Psychology in Russia: State of the Art*. 2019. Vol. 12. № 1. P. 129–146. DOI: 10.11621/pir.2019.0110
6. *Blinnikova I., Izmalkova A.* Modeling search in web environment: the analysis of eye movement measures and patterns // *Smart Innovation, Systems and Technologies*. 2017. Vol. 58. P. 125–136. DOI: 10.1007/978-3-319-59424-8_28
7. *Burmistrov I., Zlokazova T., Izmalkova A., Leonova A.* Flat design vs traditional design: Comparative experimental study // *Human-Computer Interaction (INTERACT 2015)*. 2015. C_ID 700. DOI: 10.1007/978-3-319-22668-2_10
8. *Carstens D.S., Patterson P.* Usability study of travel websites // *Journal of Usability Studies*. 2005. Vol. 1. № 1. P. 47–61. DOI: 10.5555/2835525.2835530
9. *Chaparro B., Shrestha S., Owens J.* Eye Movement Patterns on Single and Dual Column Web Pages [Электронный ресурс] // *Usability News*. 2008. Vol. 10. № 1. URL: https://www.researchgate.net/profile/Sav_Shrestha/publication/253407698_Eye_Movement_Patterns_on_Single_and_Dual-Column_Web_Pages/links/552e8a4b0cf2acd38cba99dd.pdf (дата обращения: 10.09.2020).
10. *Chen S., Epps J., Ruiz N., Chen F.* Eye Activity As a Measure of Human Mental Effort in HCI // *Proceedings of the 16th International Conference on Intelligent User Interfaces (IUI '11)*. New York: ACM, 2011. P. 315–318. DOI: 10.1145/1943403.1943454
11. *Choi B., Ward A., Li Y., Arguello J., Capra R.* The effects of task complexity on the use of different types of information in a search assistance tool // *ACM Transactions on Information Systems*. 2019. Vol. 38. № 1. P. 9. DOI: 10.1145/3371707
12. *Du J.T., Spink A.* Toward a web search model: Integrating multitasking, cognitive coordination, and cognitive shifts // *Journal of the American Society for Information Science and Technology*. 2011. Vol. 62. № 8. P. 1446–1472. DOI: 10.1002/asi.21551
13. *Ehmke C., Wilson S.G.* Identifying web usability problems from eye-tracking data // *Proceedings of the 21st British HCI Group Annual Conference on People and Computers: HCI, Swinton: British Computer Society*. 2007. Vol. 1. P. 119–128. DOI: 10.14236/ewic/HCI2007.12
14. *Eksioglu M., Kınş E., Çakır T., Güvendik M., Koyutürk E.D., Yılmaz M.* A User Experience Study of Airline Websites // *Marcus A. (eds) Design, User Experience, and Usability. Web, Mobile, and Product Design. DUXU 2013. Lecture Notes in Computer Science*. Vol. 8015. P. 173–182. DOI: 10.1007/978-3-642-39253-5_19
15. *Goldberg J.H.* Measuring software screen complexity: Relating eye tracking, emotional valence, and subjective ratings // *International Journal of Human-Computer Interaction*. 2014. Vol. 30. № 7. P. 518–532. DOI: 10.1080/10447318.2014.906156
16. *Gwizdka, J.* Cognitive Load on Web Search Tasks [Электронный ресурс] // *Proceedings of Workshop on Cognition and the Web*. 2008. P. 83–86. URL: <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.306.6732&rep=rep1&type=pdf> (дата обращения: 10.09.2020).
17. *Hanke M.* *Airline e-Commerce: Log on. Take off.* Routledge, London, 2016.
18. *Henderson J., Chanceaux M., Smith T.* The influence of clutter on real-world scene search: Evidence from search efficiency and eye movements // *Journal of Vision*. 2009. Vol. 9. № 1. P. 32–32. DOI: 10.1167/9.1.32
19. *Hijikata Y.* Implicit User Profiling for On Demand Relevance Feedback // *Proceedings of the 9th international conference on Intelligent user interfaces (IUI '04)*. New York: ACM, 2004. P. 198–205. DOI: 10.1145/964442.964480



20. *Holmqvist K., Nyström N., Andersson R., Dewhurst R., Jarodzka H., Van de Weijer J.* Eye tracking: a comprehensive guide to methods and measures. Oxford, UK: Oxford University Press, 2011.
21. *Lavie N.* Distracted and confused? Selective attention under load // Trends in Cognitive Sciences. 2005. Vol. 9. № 2. P.75–82. DOI: 10.1016/j.tics.2004.12.004
22. *Linden E., Bruschek T., Wittmer A.* Usability of airline websites in the ticket purchasing process: An eye-tracking study of air traffic passengers [Электронный ресурс] // Proceedings of 22nd ATRS World Conference. Air Transport Research Society. Seoul: College Park, 2018. P. 1–18. URL: <https://www.alexandria.unisg.ch/publications/254137> (дата обращения: 10.09.2020).
23. *May J.G., Kennedy R.S., Williams M.C., Dunlap W.P., Brannan J.R.* Eye movement indices of mental workload // Acta Psychologica. 1990. Vol. 75. № 1. P. 75–89. DOI: 10.1016/0001-6918(90)90067-P
24. *Rodden K., Fu, X.* Exploring how mouse movements relate to eye movements on web search results pages [Электронный ресурс] // Web Information Seeking and Interaction. 2007. P. 29–32. URL: <https://storage.googleapis.com/pub-tools-public-publication-data/pdf/32735.pdf> (дата обращения: 10.09.2020).
25. *Rosenholtz R., Li Y., Mansfield J., Jin, Z.* Feature Congestion: A Measure of Display Clutter // Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems. 2005. P. 761–770. DOI: 10.1145/1054972.1055078
26. *Sailer U., Flanagan J.R., Johansson R.S.* Eye-hand coordination during learning of a novel visuomotor task // The Journal of neuroscience. 2005. Vol. 25. № 39. P. 8833–8842. DOI:10.1523/JNEUROSCI.2658-05.2005
27. *Scharff L.F.V., Ahumada A.J.* Predicting the readability of transparent text // Journal of Vision. 2002. Vol. 2. № 9. P. 653–666. DOI: 10.1167/2.9.7
28. *Selvidge P.* Reservations about the usability of airline web sites // CHI'99: Extended Abstracts on human factors in computing systems. New York: ACM, 1999. P. 306–307. DOI: 10.1145/632716.632903
29. *Toms E.G.* Task-based information searching and retrieval // I. Ruthven and D. Kelly. (Eds.) Interactive information seeking, behaviour and retrieval. London: Facet Publishing, 2011. P. 43–59. DOI: 10.29085/9781856049740.005
30. *Van Orden K.F., Limbert W., Makei, S., Jung T.-P.* Eye Activity Correlates of Workload during a Visuospatial Memory Task // Human Factors. 2001. Vol. 43. № 1. P. 111–121. DOI: 10.1518/001872001775992570
31. *Weichbroth P., Redlarski K., Garnik I.* Eye-tracking Web Usability Research // Annals of computer science and information systems. 2016. Vol. 8. P. 1681–1684. DOI: 10.15439/2016F127
32. *Wickens C.D.* Engineering Psychology and Human Performance. New York: Harper-Collins Publishers, Inc., 1992.
33. *Wolfe J.M.* Visual search // Pashler H. (Ed). Attention. Hove: Psychology Press, 1998. P. 13–59.
34. *Zagermann J., Pfeil U., Reiterer H.* Measuring Cognitive Load using Eye Tracking Technology in Visual Computing // Proceedings of the Sixth Workshop on Beyond Time and Errors on Novel Evaluation Methods for Visualization, BELIV '16. New York: ACM Press, 2016. P. 78-85. DOI: 10.1145/2993901.2993908
35. *Zimek, A., Filzmoser, P.* There and back again: Outlier detection between statistical reasoning and data mining algorithms // Wiley Interdisciplinary Reviews: Data Mining and Knowledge Discovery. 2018. Vol. 8 (6). DOI: <https://doi.org/10.1002/widm.1280>
36. *Zlokazova T., Burmistrov I.* Perceived legibility and aesthetic pleasingness of light and ultralight fonts // Proceedings of the European Conference on Cognitive Ergonomics (ECCE 2017). New York: ECCE, 2017. P. 191–194. DOI: 10.1145/3121283.3121296
37. *Zuffi S., Scala P., Brambilla C., Beretta G.* Web-based vs. controlled environment psychophysics experiments // Image Quality and System Performance IV: Proceedings of the SPIE. 2007. Vol. 6494. Article id. 649407. DOI: 10.1117/12.703926

Информация об авторах

Блинникова Ирина Владимировна, кандидат психологических наук, старший научный сотрудник лаборатории психологии труда факультета психологии, Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова (ФГБОУ ВО «МГУ имени М.В. Ломоносова»), г. Москва, Российская Федерация, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5163-6859>, e-mail: blinnikovamslu@hotmail.com



Злоказова Татьяна Андреевна, кандидат психологических наук, старший научный сотрудник лаборатории психологии труда факультета психологии, Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова (ФГБОУ ВО «МГУ имени М.В. Ломоносова»), г. Москва, Российская Федерация, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2627-0303>, e-mail: t.zlokazova@gmail.com

Григорович Сергей Сергеевич, кандидат психологических наук, старший научный сотрудник лаборатории психологии труда факультета психологии, Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова (ФГБОУ ВО «МГУ имени М.В. Ломоносова»), г. Москва, Российская Федерация, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5352-7859>, e-mail: grigorovich sergey@gmail.com

Бурмистров Иван Викторович, научный сотрудник лаборатории психологии труда факультета психологии, Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова (ФГБОУ ВО «МГУ имени М.В. Ломоносова»), г. Москва, Российская Федерация, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8777-5516>, e-mail: ivan@interux.com

Information about the authors

Irina V. Blinnikova, Ph.D. in Psychology, Senior Researcher in the Laboratory of Work Psychology, Department of Psychology, Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5163-6859>, e-mail: blinnikovamslu@hotmail.com

Tatiana A. Zlokazova, Ph.D. in Psychology, Senior Researcher in the Laboratory of Work Psychology, Department of Psychology, Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2627-0303>, e-mail: t.zlokazova@gmail.com

Sergey S. Grigorovich, Ph.D. in Psychology, Senior Researcher in the Laboratory of Work Psychology, Department of Psychology, Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5352-7859>, e-mail: grigorovich.sergey@gmail.com

Ivan V. Burmistrov, Researcher in the Laboratory of Work Psychology, Department of Psychology, Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8777-5516>, e-mail: ivan@interux.com

Получена 24.12.2019

Received 24.12.2019

Принята в печать 22.09.2020

Accepted 22.09.2020