

А. Н. Гусев, О. А. Михайлова, А. Е. Кремлев

ВНИМАНИЕ И ПАМЯТЬ КАК ДЕТЕРМИНАНТЫ СЛЕПОТЫ К ИЗМЕНЕНИЮ

В статье представлены результаты экспериментального исследования, обнаружившего влияние свойств внимания и рабочей памяти на выраженность феномена «слепота к изменению». При использовании парадигмы «мерцания» 93 испытуемых решали задачу поиска изменений в двух последовательно предъявлявшихся изображениях. Группы испытуемых разделялись по величине индексов концентрации и распределения внимания, оцененных с помощью теста «Корректурная проба Бурдона», а также по точности и времени опознания целевого стимула в тесте DMS на оценку рабочей памяти. Обнаружено позитивное влияние способности к концентрации и распределению внимания на время поиска изменений. Эффекты влияния двух показателей рабочей памяти различались: повышение точности опознания целевого стимула приводило к увеличению времени поиска, а уменьшение скорости опознания — к его снижению. Делается предположение о специфической роли ресурсов внимания и памяти в выраженности феномена «слепота к изменению».

Ключевые слова: пространственное внимание, слепота к изменению, концентрация внимания, распределение внимания, рабочая память.

The article presents the results of experimental study that found the effects of attention and working memory on the change blindness phenomenon manifestation. In “flicker” paradigm 93 participants solved the task of change detection in two consistently presenting images. The participants was divided into several groups by the magnitudes of concentration and allocation of attention, estimated using Bourdon’s correction test, as well as on the accuracy and time of identification of the target stimulus in the DMS working memory test. Found a positive influence of the concentration and allocation of attention on the

Гусев Алексей Николаевич — докт. психол. наук, профессор кафедры психологии личности ф-та психологии МГУ имени М.В. Ломоносова. *E-mail:* angusev@mail.ru

Михайлова Ольга Андреевна — соискатель Психологического института РАО. *E-mail:* 9206696@mail.ru

Кремлев Александр Евгеньевич — инженер кафедры общей психологии факультет психологии МГУ имени М.В. Ломоносова. *E-mail:* akremlev@gmail.com

Исследование проведено по Программе научного развития МГУ имени М.В. Ломоносова в рамках темы «Инновационные методы и высокие информационные технологии в фундаментальных и прикладных психологических исследованиях когнитивных процессов и нейронауках».

search changes duration. The effects of working memory indexes were different: improving the accuracy of identification of the target stimulus was associated with an increase in the search time but in contrast the speed of identification positive effects on the search changes duration. The results allow to suppose that the specific role of attention and memory resources in the change blindness.

Key words: spatial attention, change blindness, attention concentration, allocation of attention, working memory.

Данное исследование направлено на изучение базовых психологических компонентов феномена «слепота к изменению» (СКИ), понимаемого как стойкая неспособность замечать изменения в воспринимаемой сцене в условиях краткого прерывания зрительного образа, пока на этих изменениях не будет сфокусировано внимание (Rensink et al., 1997). Явление СКИ чрезвычайно распространено — оно проявляется как в обычной жизни при восприятии человеком постоянно меняющихся зрительных сцен окружающего его мира, так и при восприятии простых и сложных зрительных стимулов на экране монитора в психологических экспериментах (Шабри, Саймонс, 2010). При экспериментальном исследовании феномена СКИ перед наблюдателем, как правило, ставится перцептивная задача поиска изменений в условиях прерывания восприятия зрительной сцены — так называемая парадигма мерцания (Rensink et al., 1997). Выраженность данного феномена характеризует способность наблюдателя кодировать, сохранять и сравнивать зрительную информацию в процессе непрерывной смены перцептивных образов, прерываемых морганием, движением глаз или, как в случае парадигмы мерцания, предъявлением межстимульного материала (например, серого фона).

Основные выводы из исследований, посвященных феномену СКИ, в той или иной степени связывают его выраженность с такими универсальными познавательными процессами, как внимание и память (Burmester, Wallis, 2012; Kahneman et al., 1992; Levin, 2012; Metz, Krüger, 2014; Rensink et al., 1997; Rensink, Reisberg, 2013). Очевидно, что внимание, направленное на объект, является необходимым условием для его непрерывной репрезентации в рабочей памяти и восприятия какого-либо изменения в нем. Так, изменения, происходящие в зоне интереса (например, центральный объект в смысловом значении сцены), обнаруживаются чаще, чем изменения в других областях зрительной сцены (Utochkin, 2011). Тем не менее показано, что внимание к изменяющемуся объекту — необходимое, но недостаточное условие для обнаружения изменения (Simons, Levin, 1998).

Несмотря на наличие немалого числа работ по данной теме, когнитивная психология не смогла до сих пор достаточно полно

ответить на вопрос о природе психологических механизмов, стоящих за этим феноменом (Levin, 2012; Rensink, Reisberg, 2013). Так, одни исследователи считают выраженность СКИ следствием отсутствия репрезентации воспринимаемой зрительной сцены в рабочей памяти (O'Regan, Noë, 2001), в то время как другие высказывают предположение, что репрезентация все-таки может возникать, но это происходит редко или она является неполной (Rensink, 2002; Rensink et al., 1997; Simons, Levin, 1998). В ряде работ также высказывается предположение о том, что СКИ возникает не вследствие ограниченности наших зрительных репрезентаций (феномен наблюдается даже при полном отображении зрительной сцены в рабочей памяти), а в результате сбоя в процессе сравнения воспринимаемого объекта до и после его изменения (Hollingworth, Henderson, 2002; Mitroff et al., 2004).

В контексте определенного дефицита экспериментальных данных о возможных детерминантах феномена СКИ предметом нашего исследования является влияние рабочей памяти, распределения и концентрации внимания на эффективность решения перцептивной задачи на поиск изменений. Общая гипотеза заключается в том, что степень выраженности СКИ зависит от эффективности рабочей памяти и способности наблюдателя к распределению и концентрации пространственного внимания.

Методика

Испытуемые. В эксперименте приняли участие 93 добровольца (57 женщин и 36 мужчин) с нормальным или скорректированным до нормального зрением в возрасте от 12 до 39 лет (средний возраст — 20.3 года).

Аппаратура, программное обеспечение. Методики «Слепота к изменению» и «Корректирующая проба Бурдона» выполнялись испытуемыми на 17-дюймовом мониторе персонального компьютера, расстояние от глаз испытуемого до экрана — 60 см. Проведение этих методик осуществлялось в программной среде «Практика — МГУ» (автор А.Е. Кремлев). Для оценки рабочей памяти использовался тест *DMS (Delayed Matching to Sample* — «Отсроченный подбор фигуры по образцу» (Rose, Duka, 2007; Torgersen et al., 2011) из батареи *SANTABeclipse* (Sanches de Oliveira et al., 2014)), тестирование проводилось на планшетном 12-дюймовом компьютере.

Процедура исследования состояла из двух этапов — психодиагностического и экспериментального. Порядок прохождения этапов был реверсивно уравнен между испытуемыми.

На *психодиагностическом этапе* испытуемые выполняли два теста, направленных на оценку характеристик рабочей памяти и показателей концентрации и распределения зрительного внимания.

В тесте *DMS* испытуемому демонстрировался целевой зрительный стимул-образец в центре экрана, а ниже предъявлялись 4 похожих на него стимула. Испытуемому было необходимо выбрать стимул, полностью соответствующий образцу, нажав на него пальцем на сенсорном экране. Предъявляемые стимулы состояли из четырех сложных фигур разного цвета, составлявших прямоугольник (см. демоверсию теста на сайте <http://www.cambridgecognition.com>). В этом тесте использовалось три способа предъявления стимулов: одновременный (выбор стимула производился при непосредственной демонстрации на экране образца), последовательный (4 стимула предъявлялись сразу после исчезновения образца) и отсроченный (стимулы появлялись с задержкой — через 4 или 12 с после исчезновения). В качестве показателей рабочей памяти было выбрано среднее количество верных ответов, данных испытуемыми с первой попытки при отсроченном предъявлении целевого стимула (*DMS Total correct, all delays*), и среднее время правильного опознания целевого стимула (*DMS Mean correct latency, all delays*). По литературным данным, увеличение количества верных ответов и уменьшение их времени указывают на эффективность рабочей памяти (Juncos-Rabadán et al., 2014).

Для диагностики свойств внимания использовался компьютерный вариант методики «Корректирующая проба Бурдона» с возможностью свободного поиска заданных в инструкции букв (представлена на сайте www.psychosoft.ru). Это означало, что испытуемый просматривал буквы на экране и отмечал среди них целевые в произвольном порядке. Целевые буквы (см. ниже) были расположены случайным образом среди других букв на одной странице. Время предъявления каждой страницы на экране монитора — 60 с. В каждой из 18 строк содержалось по 30 букв. Буквы были написаны шрифтом Times New Roman, размер 14. Испытуемому давалась следующая инструкция: «На экране предъявляется таблица из случайно расположенных букв. Вы должны отметить все заранее оговоренные “целевые” буквы нажатием на левую клавишу “мыши”. Ошибочный выбор можно отменить повторным нажатием. Задание состоит из 1 тренировочной и 6 основных таблиц. Время предъявления каждой таблицы ограничено». В тренировочной таблице испытуемый отмечал букву «В». В основных сериях теста использовалась такая последовательность целевых букв: «С», «К», «С+К», «С+К», «К», «С». Таким образом, в сериях 1, 2, 5 и 6 испытуемые искали и отмечали только одну букву — С или К, а в сериях 3 и 4 — две буквы С и К одновременно.

Оценка двух основных свойств внимания — концентрации и распределения — по данным корректирующей пробы Бурдона производилась с использованием показателей продуктивности зрительного

поиска целевых букв, оцененных на основании точности и темпа выполнения задания. В данном случае точность понимается как число правильно отмеченных букв, соотнесенное с общим количеством целевых букв в просмотренном материале и количеством ошибок (первый сомножитель в формуле 1), а темп — как количество букв, просмотренных в течение одной минуты (второй сомножитель в формуле 2). Соответственно для оценки концентрации и распределения внимания нами использованы два показателя: *индекс концентрации внимания* (ИКВ) и *индекс распределения внимания* (ИРВ):

$$ИКВ = \frac{N(Hit)}{N + N(Err)} \times T, \quad (1)$$

где $N(Hit)$ — число правильно отмеченных букв во всех 6 таблицах, N — число целевых букв в 6 таблицах, $N(Err)$ — число ошибочно отмеченных букв в 6 таблицах, T — темп, или среднее число букв, просмотренных за одну минуту.

$$ИРВ = \frac{\frac{N_2(Hit)}{N_2 + N_2(Err)} \times T_2}{\frac{N_1(Hit)}{N_1 + N_1(Err)} \times T_1}, \quad (2)$$

где $N_1(Hit)$ и $N_2(Hit)$ — число правильно отмеченных букв в таблицах, где нужно было отмечать одну или две буквы соответственно; N_1 и N_2 — число целевых букв в таблицах, где нужно было отмечать одну или две буквы соответственно; $N_1(Err)$ и $N_2(Err)$ — число ошибочно отмеченных букв в таблицах, где нужно было отмечать одну или две буквы соответственно; T_1 — среднее число букв С или К, просмотренных за минуту в сериях 1, 2, 5 и 6, T_2 — среднее число букв С и К, просмотренных за минуту в сериях 3 и 4.

Таким образом, ИКВ является интегральным показателем, учитывающим одновременно как темп работы испытуемого, так и ее качество во всех таблицах, а ИРВ оценивает отношение продуктивности зрительного поиска в таблицах, где нужно отмечать две буквы (т.е. требуется распределять внимание между двумя целевыми буквами), к продуктивности в таблицах, где нужно отмечать только одну целевую букву (т.е. не требуется распределять внимание).

На *экспериментальном этапе* для исследования выраженности феномена СКИ использовалась парадигма «мерцания», в соответствии с которой испытуемому последовательно предъявлялись два зрительных паттерна, в одном из которых происходило изменение. В качестве стимулов выступали изображения, состоявшие

из 5 или 20 цветных квадратов (Gusev, Mikhaylova, 2013; Gusev et al., 2014; Mikhaylova et al., 2010). Угловой размер квадрата на экране 17-дюймового монитора — 1,4°; угловой размер экрана — 40°.

Один временной цикл каждой пробы состоял из последовательного предъявления оригинального изображения (400 мс), межстимульного интервала (серый фон, 200 мс), измененного изображения (400 мс) и межстимульного интервала (серый фон, 200 мс). Таким образом, длительность одного цикла в структуре пробы составляла 1200 мс. Цикл предъявления стимулов в пробе повторялся до тех пор, пока испытуемый не останавливал его, нажимая на клавиатуре компьютера «левый shift» (заметил изменение) или «правый shift» (изменения не было). Таким образом, время на каждую пробу и опыт в целом ограничено не было. Регистрировались правильность и время ответов. После нажатия на кнопку циклическое предъявление стимулов прекращалось, следующая проба начиналась после нажатия на «пробел».

Расположение квадратов в пространстве зрительного паттерна в одной половине проб имело регулярную структуру — *структурированные изображения*, в других случаях квадраты были расположены нерегулярно, вразброс — *неструктурированные изображения*. Для каждого из четырех типов стимулов-изображений (5 или 20 квадратов, структурированные или неструктурированные) производилось три вида изменений — появление/исчезновение, изменение цвета и сдвиг *одного* из квадратов (Gusev et al., 2014). Всего в экспериментальной серии предъявлялись 60 проб четырех разных типов, и с каждым из этих типов проб происходили три вида изменений. Кроме того, в состав экспериментальной серии входило 24 «ложные» пробы, в которых изменений не было, — по 6 повторений для каждого из четырех указанных выше типов проб. Таким образом, в каждой серии в случайном порядке предъявлялось 84 пробы.

Дизайн исследования. В исследовании использовался *межгрупповой* экспериментальный план. В качестве *независимых переменных* выступали показатели рабочей памяти, распределения и концентрации внимания. Испытуемые разделялись на две контрастные группы — выше (группа 2) и ниже (группа 1) медианы распределения показателей внимания и памяти. *Зависимыми переменными* были времена поиска изменений¹:

1) пять усредненных показателей длительности поиска изменений для каждого типа проб: «Время поиска в пробах с 5 квадратами», «Время поиска в пробах с 20 квадратами»; «Время поиска в

¹ Процент ошибок был исключен из обработки результатов, поскольку по этому показателю было зарегистрировано много нулевых значений.

пробах с неструктурированными изображениями», «Время поиска появления/исчезновения квадрата», «Время поиска изменения цвета квадрата», «Время поиска сдвига квадрата»;

2) интегральный показатель СКИ — «Среднее время поиска по серии в целом».

Обработка эмпирических данных проводилась в статистической системе IBM SPSS Statistics, версия 19.0 с использованием процедур t-критерия Стьюдента для независимых выборок и многомерного дисперсионного анализа (ОЛМ-многомерная).

Результаты

1. Влияние концентрации и распределения внимания на выраженность феномена СКИ

Результаты межгруппового сравнения испытуемых с различным уровнем **концентрации** внимания (групповые средние: $M_1=166.96$ и $M_2=225.67$, где 1 и 2 — группы испытуемых с низкой (1) и высокой (2) концентрацией внимания) обнаружили статистически достоверный эффект влияния данного фактора (концентрация внимания) на интегральный показатель выраженности феномена СКИ — среднее

Таблица 1

Статистически достоверные эффекты влияния концентрации и распределения внимания на средние показатели выраженности СКИ

Показатель СКИ	Концентрация внимания		Распределение внимания	
	Статистическая оценка эффекта	Разница средних значений, с	Статистическая оценка эффекта	Разница средних значений, с
Время поиска в пробах с 5 квадратами	$t(85)=2.55$, $p=0.013$	0.45	$t(85)=2.33$, $p=0.022$	0.41
Время поиска в пробах с 20 квадратами	$t(77.26^*)=2.32$, $p=0.023$	1.07	$t(85)=3.86$, $p<0.001$	1.68
Время поиска в пробах с неструктурированными изображениями	$t(75.92^*)=2.32$, $p=0.027$	0.75	$t(85)=3.78$, $p<0.001$	1.12
Время поиска появления/исчезновения квадрата	$t(85)=2.47$, $p=0.015$	0.74	$t(85)=3.13$, $p=0.001$	0.98
Время поиска изменения цвета квадрата	$t(81.54^*)=2.01$, $p=0.039$	0.99	$t(85)=2.80$, $p=0.006$	1.29
Время поиска сдвига квадрата	$t(85)=2.00$, $p=0.048$	0.69	$t(85)=3.37$, $p=0.001$	0.92

Примечание. Здесь и в табл. 2 разница средних значений показателей СКИ вычислялась между группами 1 и 2. * означает, что при оценке числа степеней свободы и уровня значимости была сделана поправка на неравенство дисперсий сравниваемых выборок.

время поиска изменений по всем пробам ($t(85)=2.45$, $p=0.017$). Он заключается в том, что испытуемые группы 2 находят изменения быстрее, чем испытуемые группы 1 (4.3 против 5.02 с). Более детальное сравнение средних показателей выраженности СКИ, полученных в разных типах проб, также подтвердило преимущество испытуемых группы 2 (табл. 1). Таким образом, установлено, что чем выше уровень концентрации внимания (как способности к сосредоточению на выполняемой задаче), тем быстрее испытуемые находят изменения в изображениях с 5 или 20 квадратами и разными видами изменений. Результаты дисперсионного анализа позволяют оценить «силу» влияния данного фактора на оцениваемые независимые переменные как вклад в общую дисперсию данных (индекс частная эта-квадрат): для проб разных типов он составлял от 5 до 7%.

Результаты межгруппового сравнения испытуемых с различными уровнями **распределения** внимания (средние: $M1=0.835$ и $M2=0.872$, где 1 и 2 — группы испытуемых с более низкой (1) и более высокой (2) способностью к распределению внимания) показали статистически достоверный эффект влияния этого фактора на интегральный показатель выраженности феномена СКИ — среднее время поиска изменений по всем пробам ($t(85)=3.63$, $p<0.001$). Этот эффект выразился в том, что испытуемые группы 2 находят изменения быстрее, чем испытуемые группы 1 (4.14 против 5.15 с). Более детальное сравнение средних показателей выраженности СКИ, полученных в разных типах проб, также подтвердило преимущество испытуемых группы 2 (см. табл. 1). Таким образом, обнаружено, что чем выше уровень распределения внимания (как способности к продуктивному поиску одновременно двух целевых букв по сравнению с одной), тем быстрее испытуемые находят изменения в разных пробах. Вклад данного фактора в общую дисперсию данных для проб разных типов — от 6 до 14.9%.

2. Влияние рабочей памяти на выраженность феномена СКИ

Результаты межгруппового сравнения испытуемых с различной *точностью опознания целевого стимула* в тесте DMS (средние: $M1=19.75$ и $M2=27.17$, где 1 и 2 — группы испытуемых с более низким (1) и более высоким (2) числом опознанных целевых) показали статистически достоверный эффект влияния этого фактора на интегральный показатель выраженности феномена СКИ — среднее время поиска изменений по всем пробам ($t(79)=-3.69$, $p<0.001$). Этот эффект выразился в том, что испытуемые группы 2 в среднем находят изменения медленнее, чем испытуемые группы 1 (5.21 против 4.16 с). Более детальное сравнение средних показателей выраженности СКИ в разных типах проб также подтвердило преимущество

испытуемых группы 1 (табл. 2). Для проб с 5 квадратами и с появлением/исчезновением одного из них различия во временах поиска изменений не достигли статистически достоверного уровня, хотя наблюдалась аналогичная тенденция. Таким образом, было установлено, что те испытуемые, которые в среднем свершают больше ошибок при опознании целевого стимула в тесте *DMS*, быстрее решают задачу поиска изменения.

Таблица 2

Эффекты влияния точности и времени опознания целевого стимула на выраженность СКИ

Показатель СКИ	Точность опознания		Время опознания	
	Статистическая оценка эффекта	Разница средних значений, с	Статистическая оценка эффекта	Разница средних значений, с
Время поиска в пробах с 5 квадратами	$t(73.89) = -1.05, p = 0.299$	-0.20	$t(79) = -2.96, p = 0.004$	-0.53
Время поиска в пробах с 20 квадратами	$t(79) = -4.12, p < 0.001$	-1.87	$t(79) = -2.31, p < 0.023$	-1.10
Время поиска в пробах с неструктурированными изображениями	$t(79) = -3.77, p < 0.001$	-1.12	$t(79) = -2.83, p < 0.006$	-0.92
Время поиска появления/исчезновения квадрата	$t(76.49) = -1.57, p = 0.120$	-0.42	$t(79) = -2.83, p = 0.006$	-0.74
Время поиска изменения цвета квадрата	$t(79) = -4.88, p < 0.001$	-2.19	$t(79) = -2.04, p = 0.045$	-1.01
Время поиска сдвига квадрата	$t(79) = -2.53, p = 0.013$	-0.76	$t(79) = -2.29, p = 0.025$	-0.69

В результате межгруппового сравнения испытуемых с различной величиной *времени опознания целевого стимула* (средние: $M1 = 2.50$ с и $M2 = 4.06$ с, где 1 и 2 — группы испытуемых с более высокой (1) и более низкой (2) скоростью опознания целевых стимулов) был установлен статистически достоверный эффект влияния этого фактора на интегральный показатель выраженности феномена СКИ — среднее время поиска изменений по всем пробам ($t(73.80) = -2.56, p = 0.012$). Эффект выразился в том, что испытуемые группы 1 в среднем находят изменения быстрее, чем испытуемые группы 2 (4.28 против 5.05 с). Сравнение средних показателей выраженности СКИ также подтвердило явное преимущество испытуемых группы 1 во всех типах проб (см. табл. 2). Таким образом, при использовании в качестве независимой переменной другого показателя эффективности рабочей памяти — времени опознания

целевого стимула, также было установлено, что те испытуемые, которые быстрее опознают целевой стимул в тесте *DMS*, быстрее решают задачу поиска изменения. Вклад этого фактора в общую дисперсию данных для проб разных типов — от 7.5 до 23%.

Оценка *совместного влияния* на время поиска изменений двух показателей рабочей памяти — *точности и времени опознания целевого стимула*, показала высокую значимость эффектов межфакторного взаимодействия для всех типов проб (*F*-критерий, $p < 0.05$) кроме тех, в которых производился сдвиг квадрата ($F(1, 77) = 2.06$, $p = 0.155$).

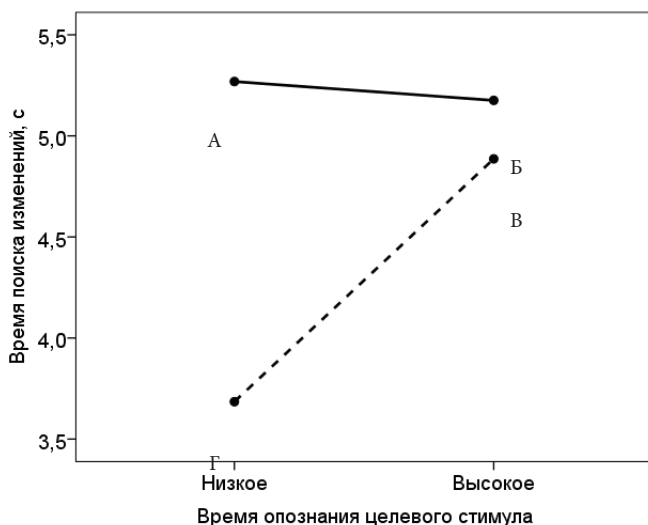


Рис. 1. Совокупное влияние точности и времени опознания целевого стимула на среднее время обнаружения изменений во всех пробах. Сплошная линия — группа с высокой точностью опознания, штриховая линия — группа с низкой точностью. Буквами обозначены разные группы испытуемых, разделенные по критериям точности и времени опознания: А — «точные и быстрые», Б — группа «точные и медленные», В — «неточные и медленные», Г — «неточные и быстрые»

Рис. 1 иллюстрирует найденную зависимость: явное преимущество во времени поиска изменений по сравнению с другими имеют более быстрые и менее точные испытуемые (группа Г). Как было отмечено выше, этот эффект имел высокую статистическую достоверность ($F(1, 77) = 5.45$, $p = 0.22$). Статистическое сравнение показало, что среднее время поиска изменений в этой группе значимо ниже, чем в трех других группах: $t(39) = 4.58$, $p < 0.001$; $t(41) = 3.09$, $p < 0.004$; $t(40) = 3.72$, $p = 0.001$ соответственно при сравнении групп В—Г, Б—Г и А—Г. Различия во времени зрительного поиска между группами А—Б и Б—В статистически незначимы (t -критерий, $0.814 > p > 0.314$).

3. Совместное влияние концентрации и распределения внимания на выраженность феномена СКИ

Результаты двухфакторного дисперсионного анализа установили значимые (и один квазизначимый) эффекты совместного влияния концентрации и распределения внимания на все средние показатели времени поиска изменений за исключением времени поиска сдвига одного из квадратов (табл. 3). На рис. 2 на примере изменения величины индекса «Время поиска в пробах с 20 квадратами» показано, в чем заключается описываемый эффект этого межфакторного взаимодействия. Видно, что преимущество в поиске изменений по сравнению с тремя другими группами испытуемых имеет только группа Г, т.е. испытуемые с более высокими индексами концентрации и переключения внимания. Статистическое сравнение отдельных пар групповых средних показало, что время поиска изменений в этой группе значимо ниже, чем в трех других группах: $t(39)=4.58, p<0.001$; $t(40)=3.48, p=0.001$; $t(36)=5.48, p<0.001$ соответственно при сравнении групп В—Г, Б—Г и А—Г.

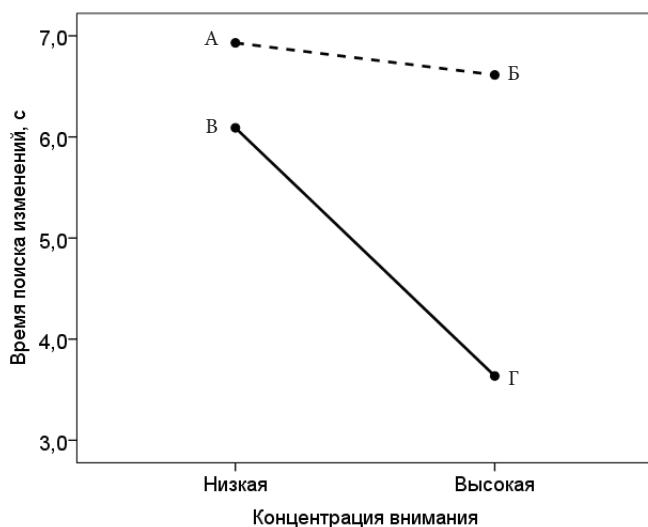


Рис. 2. Совокупное влияние концентрации и распределения внимания на время поиска изменений в пробах с 20 квадратами. Сплошная линия — группа с высоким уровнем переключения внимания, штриховая — группа с низким уровнем. Буквами обозначены разные группы испытуемых, разделенные по показателям концентрации и распределения внимания: А — «низкая концентрация и низкое распределение», Б — «высокая концентрация и низкое распределение», В — «низкая концентрация и высокое распределение», Г — «высокая концентрация и высокое распределение»

Таблица 3

**Совместное влияние концентрации (ИКВ) и распределения (ИРВ)
внимания на средние показатели времени поиска изменений**

Показатель СКИ	ИКВ	ИРВ	Время, с	F	p
Среднее время поиска изменений по всем пробам	Низкий	Низкий	5.257	7.684	0.007
		Высокий	4.810		
	Высокий	Низкий	5.062		
		Высокий	3.186		
Время поиска в пробах с 5 квадратами	Низкий	Низкий	3.819	5.960	0.017
		Высокий	3.726		
	Высокий	Низкий	3.688		
		Высокий	2.784		
Время поиска в пробах с 20 квадратами	Низкий	Низкий	6.930	6.956	0.010
		Высокий	6.090		
	Высокий	Низкий	6.613		
		Высокий	3.636		
Время поиска в пробах с неструктурированными изображениями	Низкий	Низкий	5.435	11.665	0.001
		Высокий	5.055		
	Высокий	Низкий	5.427		
		Высокий	3.096		
Время поиска появления/исчезновения квадрата	Низкий	Низкий	4.916	3.332	0.072
		Высокий	4.314		
	Высокий	Низкий	4.507		
		Высокий	2.895		
Время поиска изменения цвета квадрата	Низкий	Низкий	6.155	15.391	<0.001
		Высокий	6.263		
	Высокий	Низкий	6.499		
		Высокий	3.353		
Время поиска сдвига квадрата	Низкий	Низкий	5.132	1.784	0.185
		Высокий	4.457		
	Высокий	Низкий	4.763		
		Высокий	3.379		

Анализ простых эффектов показал, что различия в скорости зрительного поиска между группами А и Б статистически незначимы ($t(44)=0.46$, $p=0.650$), также как и различия между группами А и В ($t(43)=1.12$, $p=0.269$) и группами Б и В ($t(47)=0.69$, $p=0.492$).

Для всех остальных пяти показателей выраженности феномена СКИ данный эффект был в целом аналогичен. Таким образом, результаты количественного анализа выявили, что наименьшее время поиска изменений показали те испытуемые, у которых одновременно были более высокие индексы концентрации и распределения внимания. Вклад совместного влияния этих двух факторов в общую дисперсию данных для проб разных типов — от 7 до 15,6%.

4. Совместное влияние внимания и рабочей памяти на выраженность феномена СКИ

Результаты двухфакторного дисперсионного анализа не обнаружили статистически достоверных эффектов совокупного влияния *точности опознания целевого стимула* как показателя рабочей памяти и *уровня концентрации внимания* на время поиска изменений в пробах разных типов и с разными видами изменений.

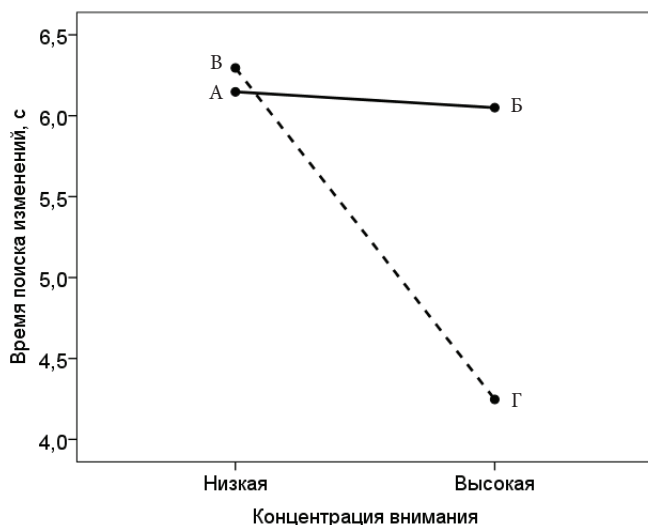


Рис. 3. Совокупное влияние концентрации внимания и времени опознания целевого стимула в тесте *DMS* на время поиска изменений цвета квадратов. Сплошная линия — группа с меньшей скоростью опознания целевого стимула, штриховая — группа с большей скоростью. Буквами обозначены разные группы испытуемых, разделенные по показателю концентрации внимания и времени опознания: А — «низкая концентрация и низкая скорость», Б — «высокая концентрация и низкая скорость», В — «низкая концентрация и высокая скорость», Г — «высокая концентрация и высокая скорость»

Если в качестве показателя рабочей памяти было использовано время правильного опознания целевого стимула, то результаты статистического анализа установили статистически значимый

эффект межфакторного взаимодействия в одном типе проб: изменение цвета квадрата ($F(1, 76)=4.21, p=0.044$) (рис. 3). Этот эффект выразился в явном преимуществе одной группы испытуемых по сравнению с тремя остальными: те, у кого одновременно были более высокие показатели концентрации внимания и меньшее время опознания целевого стимула (группа Г на рис. 2), находили изменения цвета быстрее, чем остальные. Испытуемые этой группы показали статистически достоверно меньшее время поиска по сравнению с испытуемыми групп В ($t(40)=2.83, p=0.007$), А ($t(44)=3.47, p=0.001$) и Б ($t(34)=2.52, p=0.016$). Вклад данного фактора в общую дисперсию данных — 5.3%.

Различия в скорости зрительного поиска между группами А—Б, А—В и Б—В статистически незначимы (t -критерий, $0.980 > p > 0.40$).

Для других типов проб было также обнаружено преимущество выделенных выше испытуемых, однако эффекты межфакторного взаимодействия были статистически незначимыми (F -критерий, $1.102 > p > 0.640$).

Таблица 4

Совместное влияние распределения внимания (ИРВ) и точности опознания целевого стимула на средние показатели времени поиска изменений

Показатель СКИ	Точность опознания целевого стимула	ИРВ	Время, с	F	p
Среднее время поиска изменений по всем пробам	Низкая	Низкий	4.939	3.624	0.061
		Высокий	3.651		
	Высокая	Низкий	5.251		
		Высокий	5.012		
Время поиска в пробах с 20 квадратами	Низкая	Низкий	6.331	4.630	0.035
		Высокий	4.197		
	Высокая	Низкий	6.932		
		Высокий	6.614		
Время поиска в пробах с неструктурированными изображениями	Низкая	Низкий	5.168	4.244	0.043
		Высокий	3.686		
	Высокая	Низкий	5.490		
		Высокий	5.248		
Время поиска изменения цвета квадрата	Низкая	Низкий	5.813	7.259	0.009
		Высокий	3.946		
	Высокая	Низкий	6.590		
		Высокий	7.043		

Было обнаружено три статистически значимых (и один ква-зизначимый) эффекта межфакторного взаимодействия двух других

независимых переменных — *точности опознания* целевого стимула и *уровня распределения* внимания (табл. 4). «Сила» влияния этого эффекта — от 5.3 до 8.7%.

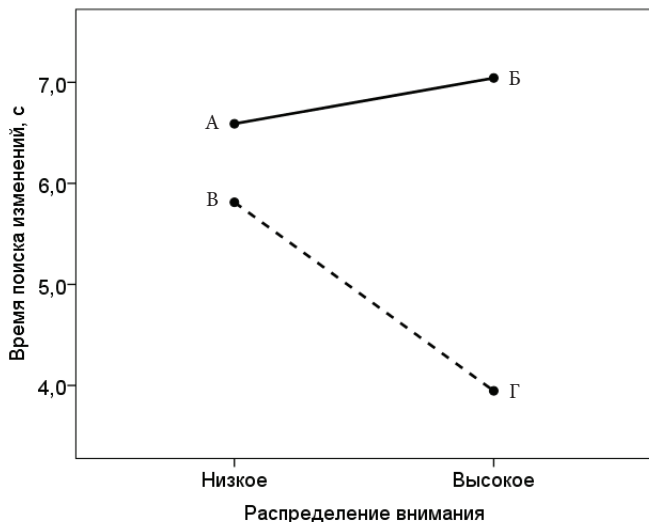


Рис. 4. Совокупное влияние распределения внимания и точности опознания целевого стимула в тесте *DMS* на время поиска изменений в пробах с 20 квадратами. Сплошная линия — группа с высокой точностью опознания целевого стимула, штриховая — группа с низкой точностью. Буквами обозначены разные группы испытуемых, разделенные по показателям распределения внимания и точности опознания: А — «низкое распределение и высокая точность», Б — «высокое распределение и высокая точность», В — «низкое распределение и низкая точность», Г — «высокое распределение и высокая точность»

На рис. 4 на примере изменения величины индекса «Время поиска в пробах с 20 квадратами» показано, в чем заключается эффект взаимодействия этих двух факторов. В данном случае преимущество в поиске изменений имеет группа Г, т.е. те испытуемые, у которых более высокие индексы переключения внимания, но меньшая эффективность рабочей памяти, оцененная по показателю точности опознания целевых стимулов. Статистическое сравнение отдельных пар групповых средних показало, что время поиска изменения в этой группе значимо выше, чем в трех других группах: $t(41)=3.67$, $p=0.001$; $t(47)=5.46$, $p<0.001$; $t(38)=4.16$, $p<0.001$ соответственно при сравнении групп В—Г, А—Г и Б—Г.

Анализ простых эффектов показал, что различия в скорости зрительного поиска между группами А и Б статистически незначимы ($t(35)=0.52$, $p=0.604$), как и различия между группами А и В ($t(38)=0.98$, $p=0.330$) и группами Б и В ($t(29)=0.40$, $p=0.691$).

Для остальных трех показателей выраженности феномена СКИ данный эффект был аналогичен. Таким образом, результаты количественного анализа обнаружили, что наименьшее время поиска изменений показали те испытуемые, у которых одновременно были более высокие индексы распределения внимания и более низкая точность опознания целевого стимула в тесте *DMS*.

Если в качестве показателя эффективности рабочей памяти использовать время правильного опознания целевого стимула, то эффект описанного выше межфакторного взаимодействия будет иным. В этом случае по сравнению с другими испытуемыми очевидное преимущество имеют те, которые показали более высокие индексы переключения внимания и одновременно меньшее время опознания целевых стимулов. Этот эффект статистически значим для проб с неструктурированными изображениями ($F(1, 76)=5.07$, $p=0.027$) и квазизначим для проб с изменением цвета ($F(1, 76)=2.78$, $p=0.099$) и для среднего времени поиска по всем пробам ($F(1, 76)=3.18$, $p=0.079$). Для остальных типов проб эффекты межфакторного взаимодействия оказались незначимы, но тенденция была аналогичной. «Сила» влияния данного фактора на оцениваемые независимые переменные составила от 4 до 6.3%.

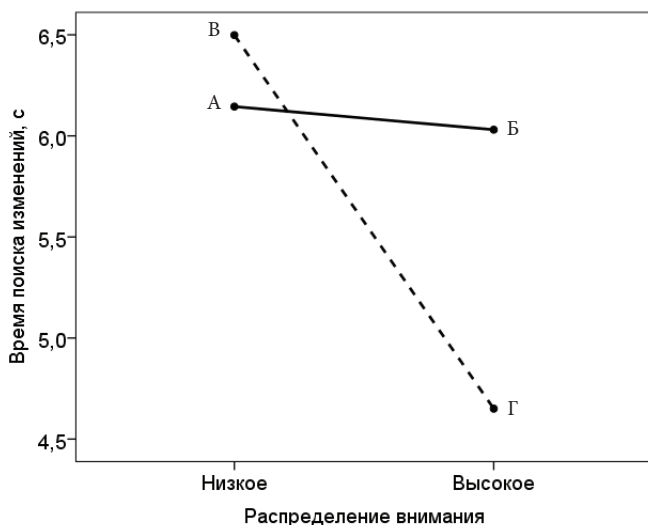


Рис. 5. Совокупное влияние распределения внимания и времени опознания целевого стимула в тесте *DMS* на среднее время поиска изменений во всех пробах. Сплошная линия — группа с более высоким временем опознания целевого стимула, штриховая — группа с более низким временем. Буквами обозначены разные группы испытуемых, разделенные по показателям распределения внимания и времени опознания: А — «низкое распределение и медленные», Б — «высокое распределение и медленные», В — «низкое распределение и быстрые», Г — «высокое распределение и быстрые»

На рис. 5 на примере изменения величины индекса СКИ «Среднее время поиска во всех пробах» проиллюстрирован этот эффект. Статистическое сравнение отдельных пар групповых средних показало, что время поиска изменения в группе Г значительно меньше, чем в трех других группах: $t(40)=2.83$, $p=0.007$; $t(44)=3.48$, $p<0.001$; $t(34)=2.53$, $p<0.016$, соответственно при сравнении групп В—Г, А—Г и Б—Г. Различия времен зрительного поиска между группами А—Б, А—В и Б—В оказались статистически незначимы (t -критерий, $0.941 > p > 0.670$).

Обсуждение результатов

В исследовании были получены данные, указывающие на то, что концентрация и распределение внимания, а также свойства рабочей памяти являются значимыми факторами, влияющими на выраженность феномена СКИ. Группы испытуемых с высокими эмпирическими оценками по каждому в отдельности показателю свойств внимания и скорости опознания целевого стимула в тесте на рабочую память решают задачу поиска изменений в целом более эффективно (т.е. быстрее дают правильные ответы), чем группы испытуемых с низкими оценками. Таким образом, способности к концентрации и распределению внимания, а также быстрому опознанию целевого стимула могут рассматриваться как предикторы эффективного поиска изменений при глобальном прерывании восприятия объекта. Результаты многомерного регрессионного анализа также подтверждают это заключение: для всех использованных нами средних показателей времени поиска изменений были получены высоко достоверные линейные регрессионные модели (R в диапазоне от 0.46 до 0.61, $p<0.001$), предсказывающие изменения величин этих показателей в соответствии со значениями индексов концентрации, распределения внимания и рабочей памяти.

Полученные результаты подтверждают мнение ряда исследователей о том, что феномен СКИ связан с таким познавательным процессом, как внимание. Как было показано в работах Р. Рензинка, одного из самых известных исследователей данного феномена, невозможность заметить изменение может быть следствием неспособности испытуемого удерживать внимание на одном элементе во время его изменения (Kahneman et al., 1992; Rensink, 2000a; Rensink et al., 1997). По-видимому, повышение концентрации внимания позволяет наблюдателю увеличить время такой фиксации и соответственно получить больше информации о воспринимаемых объектах, уменьшая тем самым время поиска изменений и, следовательно, снижая выраженность СКИ.

То же касается и способности наблюдателя распределять свое внимание, фокусируя его на 5 или 20 квадратах разного цвета, по-

разному расположенных в пространстве зрительного паттерна. Как было показано в ряде исследований СКИ, решая задачу обнаружения изменений, испытуемый может одновременно наблюдать, удерживая значимую информацию, только за тремя—пятью объектами (Alvarez, Cavanagh, 2004; Luck, Vogel, 1997; Pashler, 1988; Rensink, 2000b) и их структурными связями (Austen, Enns, 2000). Стимульный материал, использованный в нашем исследовании, в среднем содержал 13 структурированных или неструктурированных элементов. Следовательно, снижение выраженности СКИ у испытуемых с более эффективным распределением внимания, вероятно, связано с тем, что они могут наблюдать одновременно за большим количеством объектов и более сложными структурными связями между ними, что способствует снижению времени поиска изменений.

На первый взгляд неожиданный эффект увеличения скорости поиска изменений при снижении точности опознания целевого стимула в тесте на рабочую память показывает явную связь выраженности СКИ с этим показателем. Вероятно, она обусловлена тем, что испытуемый, решая задачу обнаружения изменений в условиях прерывания восприятия зрительного паттерна, т.е. в условиях очень быстрой смены двух следующих друг за другом изображений, каждый раз должен делать это сравнение очень быстро, соотнося текущий зрительный образ с информацией, хранящейся в рабочей памяти. Можно предположить, что те наблюдатели, которые показали более высокий процент правильного опознания целевого стимула в тесте *DMS*, в подобных перцептивных задачах с точки зрения времени ее выполнения используют менее эффективную стратегию поиска изменений, стараясь дольше сканировать предъявляемые изображения, прежде чем принять решения об их различии или сходстве. Таким образом, чем дольше и больше информации сохраняется в рабочей памяти, тем точнее испытуемый обнаруживает наличие изменения, но тем и больше времени тратит на это.

И наоборот, полученные данные позволяют предположить, что те, кто быстрее опознает целевой стимул в тесте *DMS*, находятся в определенном выигрыше: они стараются принимать решение по первому впечатлению, не накапливая дополнительных свидетельств о перцептивных характеристиках мелькающих изображений. Результаты оценки совместного влияния этих двух взаимно дополняющих (и в данном контексте оппонентных) характеристик рабочей памяти поддерживают наше предположение: очевидное преимущество по времени поиска изменений имеют только те наблюдатели, которые показали более низкое время и одновременно более низкую точность опознания целевого стимула.

Из описанных выше результатов о влиянии распределения внимания и рабочей памяти на выраженность СКИ следует логичное

предположение, что существует совместное влияние данных факторов на выраженность СКИ. Данное предположение подтвердили результаты двухфакторного дисперсионного анализа, показав весьма интересный результат: в группе испытуемых с более высокими индексами концентрации или распределения внимания и одновременно более низкой точностью или временем опознания целевого стимула наблюдается минимальное время поиска изменений. В этой связи резонно обратиться к результатам исследования Р. Ренсинка, где показано, что воспринимаемая информация об изображении не сохраняется в рабочей памяти в виде наборов независимых образов, а накапливается, объединяя также связи между этими образами (Rensink, 2002). Следовательно, можно предположить, что чем больше объем информации, который способен удержать испытуемый в рабочей памяти, тем тщательнее, а следовательно, дольше происходит ее накопление для обеспечения сравнительного анализа быстро меняющихся изображений. Мы полагаем, что даже при эффективном распределении внимания наблюдатель не в состоянии при одном просмотре зрительного паттерна получить информацию о каждом из изображенных на нем объектов, и поэтому для эффективного обнаружения изменения он вынужден распределять свое внимание между отдельными элементами изображения для детального восприятия каждого из них. Таким образом, те испытуемые, которые демонстрируют высокие оценки в тесте *DMS* по точности опознания в сочетании с высоким уровнем распределения внимания, проводят более глубокий анализ мелькающих зрительных паттернов и, по-видимому, должны затрачивать больше времени на поиск происходящих в них изменений, а также совершать меньше ошибок. И, наоборот, при низких показателях рабочей памяти время поиска изменений должно снижаться (что установлено), но одновременно должно возрастать количество ошибок в обнаружении изменений.

Для предварительной проверки данной гипотезы мы выбрали самые сложные пробы (изменение цвета в одном из 20 квадратов), где все испытуемые допускали ошибки, и поэтому числовые данные о количестве ошибок по группе испытуемых были весьма надежными. Сравнение испытуемых показало, что те, у кого были менее высокие показатели рабочей памяти, делали в этих пробах в среднем на 13% больше ошибок по сравнению с испытуемыми, имевшими более высокие показатели точности обнаружения целевого стимула ($t(35)=3.26$, $p=0.003$).

Далее можно предположить, что даже при эффективном распределении внимания испытуемые, получая информацию о нескольких признаках большого числа отдельных объектов-квадратов (их расположение в пространстве, цвет), из-за недостаточного объема

рабочей памяти не могут воспринять эту информацию полно, что влечет за собой увеличение количества пропусков изменений. На наш взгляд, эта ситуация похожа на известную в когнитивной психологии дилемму «скорость—точность»: испытуемые с большим ресурсом рабочей памяти по показателю скорости решают задачу на поиск изменений быстрее, но в целом менее точно, и наоборот. Данное предположение требует дальнейшей экспериментальной проверки в направлении учета фактора сложности пробы и использования такого показателя СКИ, как число правильных ответов. По-видимому, дальнейшее исследование потребует расчета интегрального показателя продуктивности поиска изменений и/или изменения стимульных параметров пробы так, чтобы обеспечить надежную оценку числа правильных ответов как надежного показателя выраженности СКИ.

Кроме того, отдельного внимания требует проверка гипотезы о том, что стоит за разделением испытуемых на быстро и медленно опознающих целевой стимул в тесте *DMS* — особое свойство рабочей памяти или проявление установки наблюдателя на скорость или точность при выполнении этого задания? Можно предположить и другое возможное объяснение: те испытуемые, которые более точно опознают целевой стимул, имеют меньшее по размеру «пятно» внимания, позволяющее им более детализировано проводить анализ мелких картинок в тесте *DMS*, но требующее более длительного сканирования всего экрана монитора в методике СКИ.

Резюмируя результаты исследования, можно сделать общий **вывод**: способности к концентрации и распределению внимания, а также эффективность рабочей памяти тесно связаны с феноменом СКИ и могут рассматриваться как факторы, влияющие на скорость поиска изменений при глобальном прерывании восприятия объекта.

Отмеченные выше вопросы, на наш взгляд, открывают новые перспективы изучения феномена СКИ и позволяют сформулировать конкретные гипотезы для будущих экспериментальных исследований.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Шабри К., Саймонс Д. Невидимая горилла, или история о том, как обманчива наша интуиция. М.: Карьера-Пресс, 2010.

Alvarez G.A., Cavanagh P. The capacity of visual short-term memory is set both by visual information load and by number of objects // *Psychological Science*. 2004. Vol. 15. P. 106—111.

Austen E., Enns J.T. Change detection: Paying attention to detail // *Psyche*. 2000. Vol. 6. P. 11.

Burmester A., Wallis G. Contrasting predictions of low- and high-threshold models for the detection of changing visual features // *Perception*. 2012. Vol. 41. N 5. P. 505—516.

Gusev A., Mikhaylova O. Effects of stimulus parameters and types of changes in change blindness task // *Procedia — Social and Behavioral Sciences* Published by Elsevier Ltd (Netherlands). 2013. Vol. 86. P. 598—602.

Gusev A.N., Mikhailova O.A., Utochkin I.S. Stimulus determinants of the phenomenon of change blindness // *Psychology in Russia: State of the Art*. 2014. Vol. 7. N 1. P. 122—134.

Hollingworth A., Henderson J.M. Accurate visual memory for previously attended objects in natural scenes // *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*. 2002. Vol. 28. P. 113—136.

Juncos-Rabadán O., Pereiro A.X., Facal D. et al. Do the Cambridge Neuropsychological Test Automated Battery episodic memory measures discriminate amnesic mild cognitive impairment? // *Intern. Journal of Geriatric Psychiatry*. 2014. Vol. 29. N 6. P. 602—609.

Kahneman D., Treisman A., Gibbs B. The reviewing of object files: Object-specific integration of information // *Cognitive Psychology*. 1992. Vol. 24. P. 175—219.

Levin D. Concepts about agency constrain beliefs about visual experience // *Consciousness and Cognition: An International Journal*. 2012. Vol. 21. N 2. P. 875—888.

Luck S.J., Vogel E.K. The capacity of visual working memory for features and conjunctions // *Nature*. 1997. Vol. 390. P. 279—281.

Metz B., Krüger H. Do supplementary signs distract the driver? // *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*. 2014. Vol. 23. P. 1—14.

Mikhaylova O., Gusev A., Utochkin I. Stimulus determinants of 'change blindness' // *Perception*. 2010. Vol. 39. P. 102.

Mitroff S.R., Simons D.J., Levin D.T. Nothing compares 2 views: Change blindness can occur despite preserved access to the changed information // *Perception and Psychophysics*. 2004. Vol. 66. N 8. P. 1268—1281.

O'Regan K.J., Noë A. A sensorimotor account of vision and visual consciousness // *Behavioral and Brain Sciences*. 2001. Vol. 24. N 5. P. 883—917.

Pashler H.E. Familiarity and visual change detection // *Perception and Psychophysics*. 1988. Vol. 44. P. 369—378.

Rensink R.A. The dynamic representation of scenes // *Visual Cognition*. 2000a. Vol. 7. P. 17—42.

Rensink R.A. Visual search for change: A probe into the nature of attentional processing // *Visual Cognition*. 2000b. Vol. 7. P. 345—376.

Rensink R.A. Change detection // *Annual Review of Psychology*. 2002. Vol. 53. P. 245—277.

Rensink R., O'Regan J., Clark J. To see or not to see: The need for attention to perceive changes in scenes // *Psychological Science*. 1997. Vol. 8. P. 368—373.

Rensink R., Reisberg D. Perception and attention. *The Oxford handbook of cognitive psychology* // *Oxford library of psychology*. N.Y.: Oxford Univ. Press, 2013. P. 97—116.

Rose A.K., Duka T. The influence of alcohol on basic motoric and cognitive disinhibition // *Alcohol and Alcoholism*. 2007. Vol. 42. N 6. P. 544—551.

Sanches de Oliveira, Trezza B.M., Busse A.L., Filho W.F. Use of computerized tests to assess the cognitive impact of interventions in the elderly // *Dementia and Neuropsychologia*. 2014. Vol. 8. N 2. P. 107—111.

Simons D.J., Levin D.T. Failure to detect changes to people during a real-world interaction // *Psychonomic Bulletin and Review*. 1998. Vol. 5. N 4. P. 644—649.

Torgersen J., Hole J.F., Kvale R. et al. Cognitive impairments after critical illness // *Acta Anaesthesiologica Scandinavica*. 2011. Vol. 55. N 9. P. 1044—1051.

Utochkin I.S. Strategies of visual search for changes in complex scenes // *Journal of Russian and East European Psychology*. 2011. Vol. 49. N 5. P. 10—29.

Поступила в редакцию
20.11.14