



Научная статья | Original paper

## Связь стратегий движения глаз и регуляторных функций у дошкольников: айтрекинг-исследование на примере выбора игрушек

В.А. Плотникова<sup>1</sup> ✉, М.Н. Гаврилова<sup>1</sup>, Я.К. Смирнова<sup>2</sup>, В.Л. Сухих<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Федеральный научный центр психологических и междисциплинарных исследований, Москва, Российская Федерация

<sup>2</sup> Алтайский государственный университет, Барнаул, Российская Федерация

✉ [ler.shinelis@yandex.ru](mailto:ler.shinelis@yandex.ru)

### Резюме

**Контекст и актуальность.** Формирование оптимальных паттернов обработки визуальной информации в дошкольном возрасте является важным условием эффективного развития в академической и социальной сферах. **Цель.** Выявить взаимосвязи между особенностями обработки визуальной информации дошкольниками разного возраста и регуляторными функциями. **Гипотеза.** Уровень развития регуляторных функций вносит значимый вклад в особенности стратегий движения глаз у дошкольников разного возраста. **Методы и материалы.** В исследовании приняли участие 34 дошкольника 4–5 лет (средний возраст — 4,3 года) и 28 дошкольников 6–7 лет (средний возраст — 6,3 лет). У участников исследования были продиагностированы регуляторные функции с помощью субтестов NEPSY-II, а также методик «Сортировка карточек по изменяемому признаку» и «Линия». Далее дошкольники проходили 3 пробы на выбор наиболее предпочитаемой игрушки из предлагаемых на экране ноутбука. В рамках каждой пробы фиксировалась глазодвигательная активность детей с помощью стационарного айтрекера GP3. **Результаты.** Результаты исследования показали, что для дошкольников 6–7 лет характерна более сокращенная и свернутая стратегия движения глаз со сконцентрированными, релевантными фиксациями на целевых областях, чем для дошкольников 4–5 лет. Выявлено, что данные особенности обработки визуальной информации связаны со слухоречевой рабочей памятью, когнитивной гибкостью и когнитивным сдерживающим контролем. При этом высокий уровень развития когнитивной гибкости является предиктором более оптимальных стратегий вне зависимости от возраста. **Выводы.** Полученные результаты указывают на возможность формирования и коррекции стратегий движения глаз у дошкольников через развитие регуляторных функций, в частности когнитивной гибкости. Исследование открывает перспективы для разработки упражнений и психолого-педагогических программ развития зрительного восприятия.

**Ключевые слова:** зрительное восприятие, стратегии движения глаз, ориентировочно-исследовательские действия, регуляторные функции, когнитивная гибкость, дошкольный возраст

**Для цитирования:** Плотникова, В.А., Гаврилова, М.Н., Смирнова, Я.К., Сухих, В.Л. (2025). Связь стратегий движения глаз и регуляторных функций у дошкольников: айтрекинг-исследование на примере выбора игрушек. *Экспериментальная психология*, 18(1), 22–43. <https://doi.org/10.17759/exppsy.2025180102>



## Eye movement strategies and executive functions in preschoolers: an eye-tracking study of toy preference

V.A. Plotnikova<sup>1</sup> ✉, M.N. Gavrilova<sup>1</sup>, Y.K. Smirnova<sup>2</sup>, V.L. Sukhikh<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Federal Scientific Center of Psychological and Multidisciplinary Research, Moscow, Russian Federation

<sup>2</sup> Altai State University, Barnaul, Russian Federation

✉ ler.shinelis@yandex.ru

### Abstract

**Context and relevance.** Development of optimal eye movement strategies at preschool age is essential for future academic and social performance. **Objective.** To clarify the relationships between the perceptual actions and executive functions in preschoolers of different ages. **Hypothesis.** The level of executive functions makes a significant contribution to the peculiarities of eye movement strategies in preschoolers of different ages. **Methods and materials.** The study involved 34 preschoolers 4–5 years old (average age — 4.3 years) and 28 preschoolers 6–7 years old (average age — 6.3 years). Participants' executive functions were assessed with the NEPSY-II subtests, as well as the tests “The Dimensional Change Card Sort” and “Walk a Line Slowly”. Next, 3 toy preference trials were conducted with each participant. The toys were presented on the laptop screen. Within each trial, the oculomotor activity of children was recorded using a stationary GP3 eye tracker. **Results.** The results have showed that senior preschoolers are characterized by a more abbreviated and minimized information processing strategy with concentrated, relevant fixations on target areas than 4–5 years old preschoolers. It was revealed that these features of visual information processing are associated with the auditory working memory, cognitive flexibility and cognitive inhibitory control. At the same time, high level of cognitive flexibility is a predictor of more optimal strategies, regardless of age. **Conclusions.** The results point to the potential of executive functions in particular cognitive flexibility, in correcting visual information processing strategies in preschoolers. The research opens up prospects for creating psychological and pedagogical programs, exercises for the visual perception development.

**Keywords:** visual perception, information processing strategies, perceptual actions, executive functions, cognitive flexibility, early childhood

---

**For citation:** Plotnikova, V.A., Gavrilova, M.N., Smirnova, Y.K., Sukhikh, V.L. (2025). Eye movement strategies and executive functions in preschoolers: an eye-tracking study of toy preference. *Experimental Psychology (Russia)*, 18(1), 22–43. (In Russ.). <https://doi.org/10.17759/expsy.2025180102>

### Введение

Зрительное восприятие представляет собой сложный системный нейрофизиологический процесс, включающий восприятие, кодирование, анализ свойств объекта, распознавание, мультимодальную конвергенцию, оценку и др. (Фарбер, Бетелева, 2005). Однако в более широком контексте зрительное восприятие может рассматриваться не только как система отдельных перцептивных и когнитивных операций, но и как ориентировочно-исследовательское действие, результатом которого является принятие решения в соответствии с мотивом и целью деятельности (Запорожец, 1957). Поэтому выработка оптимальных стратегий движений глаз, т. е. оптимальной последовательности и продолжительности саккад и фиксаций (Land, Hayhoe, 2001), является необходимым условием для успешного функционирования в динамически изменяющейся среде (Карпинская, Филиппова, Андриянова, 2023; Nassar, Troiani, 2021).



Показано, что перцептивные действия являются фундаментом для формирования навыков чтения и письма (Солнцева, Езопова, Каганец, 2023; Chengyu et al., 2024). Кроме того, исследования показывают, что уровень развития зрительного восприятия именно в дошкольном возрасте является значимым предиктором дальнейшей академической (Aydoner, Bumin, 2023; Meng, Zhang, Wang, 2023) и социальной успешности (Меньшикова, Пичугина, 2023; Wagner, 2013). Низкий уровень развития зрительного восприятия оказывает значительное влияние на процесс обучения, вызывая трудности в усвоении материала (Carames, Irwin, Kofler, 2022; Coetzee, Gerber, 2018). При этом, согласно исследованиям, около 30% детей имеют недостаточный уровень развития зрительного восприятия и трудности со зрительно-моторной интеграцией при отсутствии клинических диагнозов и жалоб в данной сфере (Joukova, Bogoyavlenskaya, Artemenkov, 2023; Vernet et al., 2022). Поэтому поиск способов развития зрительного восприятия, в том числе определение предикторов его формирования, является актуальной задачей современной педагогической психологии.

### ***Исследования зрительного восприятия в дошкольном возрасте***

Большинство современных исследований зрительного восприятия у дошкольников проводятся с использованием айтрекинга, чтобы определить механизмы восприятия и его развития. Использование технологий для определения окуломоторных паттернов позволяет определять стратегии движения глаз, т. е. уровень развития ориентировочно-исследовательских действий. Так, работа Li и коллег (2021) с использованием айтрекинга показала, что важным фактором успешной социальной коммуникации и принятия решений является комплексная стратегия движения глаз. Другие исследования показывают, что развитие зрительного восприятия, в частности зрительного внимания, помогает более оптимально программировать саккады (т. е. быстрые согласованные движения глазами) при чтении и улучшает распознавание букв (Кричивец, Шварц, Чумаченко, 2014; Haider, Frensch, 1999; Inglis, Alcock, 2012; Zakharova, Machinskaya, 2023). Однако встает закономерный вопрос: как формировать оптимальные стратегии движения глаз?

Исследования показывают, что использование конструктора, например кубиков или наборов Lego™ в игре, может способствовать развитию зрительного восприятия (Geist, 2024, Schröder et al., 2020; Zhang et al., 2020). Также ряд исследований демонстрирует эффективность применения цифровых игр для развития зрительного восприятия. Например, в работе Hashemi и коллег (2022) показано, что использование игровой приставки Wii™ способствует развитию зрительного восприятия у детей 6–10 лет значимо лучше, чем обучение по традиционной школьной программе. Кроме того, в других исследованиях указывается на то, что применение цифровых игр также способствует развитию отдельных компонентов зрительного восприятия, в частности скорости обработки информации и зрительной рабочей памяти (Dalvand et al., 2023; Jamal et al., 2023; Veraksa et al., 2022; Wu et al., 2022). Однако важным ограничением приведенных способов развития зрительного восприятия является низкая степень устойчивости и переноса эффекта развития (Lane, 2024; Veraksa et al., 2023). Таким образом, существует необходимость развития ориентировочно-исследовательских действий и оптимальных стратегий движений глаз у детей в рамках нормы (Joukova, Bogoyavlenskaya, Artemenkov, 2023; Vernet et al., 2022). Одним из возможных решений данной задачи является поиск предикторов развития зрительного восприятия.



### ***Связь зрительного восприятия и регуляторных функций***

Регуляторные функции (далее РФ) — это группа процессов управления, которые регулируют когнитивные способности и поведение индивида для достижения конкретных целей (Casey, 2023). Согласно наиболее распространенной модели РФ, включают рабочую память, когнитивную гибкость и сдерживающий контроль (Miyake et al., 2000). Рабочая память описывает способность одновременно удерживать объекты запоминания и использовать их при выполнении задания. Когнитивная гибкость обеспечивает фокусировку и/или переключение внимания в меняющихся условиях. Сдерживающий контроль определяет способность ребенка подавлять импульсивные реакции.

Исследования демонстрируют, что РФ связаны со зрительным восприятием. Например, показано, что сдерживающий контроль связан со зрительно-моторной интеграцией у детей 4–6 лет (Suresh, 2020), а уровень зрительного восприятия в дошкольном возрасте предсказывает дальнейшее развитие РФ (Zysset et al., 2018). В исследовании Fung и коллег (2020) изучались РФ и зрительно-пространственные навыки 172 детей при переходе из детского сада в начальную школу. Результаты показали, что РФ и зрительно-пространственные навыки взаимно предсказывают друг друга в дошкольном и младшем школьном возрасте. Таким образом, существующие исследования указывают не только на связь РФ и зрительного восприятия, но и на то, что зрительное восприятие может быть обусловлено регуляторными структурами мозга (Морозова, Звягина, Теребова, 2008; Fung, Chung, Lam, 2020). Однако исследования в данной области фокусируются в большей степени на оценке зрительно-пространственных навыков и зрительно-моторной координации, в то время как собственно ориентировочно-исследовательские действия остаются недостаточно изученными с точки зрения их взаимосвязей с РФ.

### ***Настоящее исследование***

В рамках данного исследования были изучены окулomotorные паттерны дошкольников 4–5 и 6–7 лет при принятии решения о выборе наиболее привлекательной игрушки среди нескольких предлагаемых. Игрушки в качестве материала для выбора были использованы как наиболее релевантные предметы, необходимые для реализации ведущей деятельности дошкольного возраста — игры (Sukhikh, Veresov, Gavrilova, 2023). Исследовательской задачей стало определение взаимосвязей между особенностями движения глаз и РФ у дошкольников, в частности выяснение того, вносит ли уровень развития РФ вклад в особенности стратегий движения глаз у дошкольников разного возраста. Для реализации данной задачи необходимо было, во-первых, определить различия в стратегиях движения глаз у дошкольников разных возрастов, а во-вторых, уточнить характер связи выявленных стратегий с РФ.

## **Материалы и методы**

### ***Выборка***

В исследовании приняли участие 62 ребенка дошкольного возраста (28 мальчиков, 45,1%), из которых 34 ребенка на момент исследования посещали средние группы детских садов (средний возраст — 4,3 года, 18 мальчиков) и 28 — подготовительные группы (средний возраст — 6,3 лет, 10 мальчиков). Все дети посещали детские сады в рамках одного образовательного комплекса. Все родители дали письменное информированное согласие на участие ребенка в исследовании.



### **Процедура**

На первом этапе осуществлялась диагностика РФ у дошкольников. С каждым ребенком проведено 4 индивидуальные встречи по 20 минут. Диагностика проводилась в тихом и знакомом ребенку кабинете в детском саду. На втором этапе, также в формате индивидуальной встречи, детям предлагалось выбрать наиболее привлекательную игрушку из трех. Игрушки демонстрировались на экране ноутбука (диагональ — 14 дюймов) в цвете. Игрушки были масштабированы так, чтобы они выглядели одинаковыми по размеру на экране. С каждым ребенком было проведено три пробы на выбор предпочитаемой игрушки (рис. 1). В каждой пробе игрушки различались по степени проявления одного из признаков: детализированность, реалистичность и антропоморфность (Gavrilova, Sukhikh, 2024). Пробы не различались по степени сложности. Среднее время встречи с каждым ребенком составило 9–10 минут.

Во время встречи, посвященной выбору ребенком предпочитаемой игрушки, глазодвигательная активность детей фиксировалась с помощью стационарного айтрекера GP3 на частоте 60 Гц с точностью регистрации 0,5–1°. Использовалась стандартная 9-точечная калибровка с валидизацией. Область свободного перемещения головы испытуемых составила 25 см по горизонтали, 11 см по вертикали и 15 см вперед-назад. Чтобы отклонения головы испытуемого не выходили за указанный диапазон ребенка просили в игровой форме (например: «Представь, что ты статуя, которая не может двигаться, но умеет говорить») смотреть ровно на монитор (Panfilova et al., 2024). Во время всего эксперимента отслеживалась настройка калибровки. Далее проверялась корректность записи: данные, которые не проходили корректную калибровку или запись которых была частично некорректна, не брались в обработку.

Для обработки первичных данных использовалось специализированное программное обеспечение «Нейробюро» с поддержкой айтрекера Gazepoint. Айтрекер GP3/GP3HD. Входными данными для алгоритма детекции фиксаций является последовательность вида (временная отметка, координата по горизонтальной оси, координата по вертикальной оси), где пространственные координаты положений взгляда соответствуют каждой временной отметке (Salvucci, Goldberg, 2000). Временные отметки следуют с частотой, соответствующей частоте дискретизации; для айтрекера серии Gazepoint они составляют 60 и 150 Гц и соответствуют получаемому значению CNT/TIME/TIME\_TICK. Пространственные координаты соответствуют точке направления взгляда (POG, point-of-gaze), рассчитанной на айтрекере по значениям LPOGX, LPOGY/RPOGX, RPOGY/BPOGX, BPOGY, на экране монитора и приводятся в виде координат, где «0,0» — верхний левый угол экрана, «0,5;0,5» — центр экрана, «1,0;1,0» — нижний правый угол экрана. В программном обеспечении «Нейробюро» был использован алгоритм семейства I–VT (the Velocity-Threshold Identification), который заключается в классификации движений глаз на основе определения порога скорости саккад. Для повышения точности детекции фиксаций в программном обеспечении «Нейробюро» алгоритм I–VT был дополнен следующими функциями: заполнение пропусков, выбор источника данных, подавление шума на основе медианы, объединение смежных фиксаций, удаление коротких фиксаций. Максимальная продолжительность пропуска, который должен быть заполнен, соответствовала 75 мс; значение параметра «максимальное время между фиксациями» также соответствовало 75 мс; значение параметра «максимальный угол между фиксациями» составило 0,5°; минимальная продолжительность фиксации была принята за 60 мс, что соответствует самым коротким фиксациям во время чтения (Komogortsev et al., 2010).



После обработки данных в программном обеспечении «Нейробюро» были получены следующие показатели глазодвигательной активности дошкольников: количество фиксаций до первой фиксации на области интереса; время до первой фиксации на области интереса; общее время просмотра области интереса; продолжительность первой фиксации на области интереса; число возвратов в область интереса; общее количество фиксаций на области интереса; средняя амплитуда саккад на области интереса; общее количество саккад на области интереса; общая длина пути сканирования области интереса; соотношение площади области интереса к площади стимула. Дальнейший статистический анализ данных был проведен с помощью ПО Jamovi 1.6.23.



Проба № 1/ Sample № 1



Проба № 2/ Sample № 2



Проба № 3/ Sample № 3

**Рис. 1.** Иллюстрации трех экспериментальных проб на выбор предпочитаемой игрушки  
**Fig. 1.** Illustrations of three experimental samples for toy preference

### Методики

Для оценки РФ были использованы валидизированные на российской выборке субтесты NEPSY-II (Веракса, Алмазова, Бухаленкова, 2020; Korkman, Kirk, Kemp, 2000), а также методики «Сортировка карточек по изменяемому признаку» (Zelazo, 2006) и «Линия» (Masscob, Dowley, Hagan, 1965). Субтест NEPSY-II «Память на конструирование» («Memory



for Designs») использовался для оценки зрительной рабочей памяти. Методика предполагает запоминание ребенком деталей изображения и их пространственное расположение. Субтест NEPSY-II «Повторение предложений» («Sentence Repetition») был использован для оценки слухоречевой рабочей памяти. В данном тесте ребенку необходимо повторять за экспериментатором предложения, постепенно становящиеся все труднее из-за увеличивающейся длины и усложняющейся грамматической структуры. Тест «Сортировка карточек по изменяемому признаку» («The Dimensional Change Card Sort») использовался для оценки когнитивной гибкости дошкольников. В данной методике ребенку необходимо сортировать карточки сначала по цвету изображения (красное или синее), затем по форме (лодка или заяц), далее по сложному правилу: если на карточке есть рамка, она должна быть отсортирована по цвету, а если рамки нет, то по форме. Субтест NEPSY-II «Называние и торможение» («Inhibition») был проведен для оценки когнитивного сдерживающего контроля. В данном субтесте ребенку нужно называть нарисованные объекты (квадраты и круги в первой пробе, стрелочки вверх и вниз — во второй) сначала правильно, а затем формы наоборот (например, если демонстрируется круг, ребенок должен сказать «квадрат»). Методика «Линия» («Walk a Line Slowly») была применена для оценки поведенческого сдерживающего контроля. В рамках теста ребенку предлагается поиграть с различными игрушками, но только после того, как он пройдет по нарисованной на полу линии (длина 180 см) как можно медленнее в две стороны.

## Результаты

### *Описательные статистики*

Описательные статистики для показателей окуломоторных паттернов и регуляторных функций для детей средней и подготовительной группы детского сада отражены в табл. 1. Распределение данных — ненормальное (Shapiro-Wilk,  $p < 0,05$ ). Половые различия по данным показателям отсутствуют (ANOVA с непараметрической поправкой,  $p > 0,05$  для всех показателей). Отметим, что выбор наиболее предпочитаемых игрушек у детей 4–5 лет и 6–7 лет не различался в каждой из трех проб ( $X^2(3) = 1,03$ ,  $p = 0,794$ ;  $X^2(3) = 1,66$ ,  $p = 0,436$ ;  $X^2(3) = 1,62$ ,  $p = 0,655$  для первой, второй и третьей проб соответственно). Различий между тремя пробами по окуломоторным паттернам не обнаружено (ANOVA с непараметрической поправкой,  $p > 0,05$  для всех показателей).

### *Анализ различий окуломоторных паттернов у детей 4–5 и 6–7 лет*

Для определения различий в паттернах движения глаз у детей средней и подготовительной групп был проведен дисперсионный анализ с непараметрической поправкой Уэлча. Результаты показали, что в рамках первой пробы у дошкольников 4–5 лет значимо больше общее время просмотра области интереса (ANOVA,  $F(1) = 7,54$ ,  $p = 0,009$ ) и продолжительность первой фиксации на ней (ANOVA,  $F(1) = 6,2$ ,  $p = 0,0016$ ), чем у дошкольников 6–7 лет. Для второй пробы зафиксировано значимо большее время до первой фиксации на области интереса у детей 4–5 лет (ANOVA,  $F(1) = 3,68$ ,  $p = 0,042$ ), а также значимо большая продолжительность первой фиксации на области интереса (ANOVA,  $F(1) = 3,42$ ,  $p = 0,048$ ). В третьей пробе у детей 4–5 лет значимо выше общее время просмотра области интереса (ANOVA,  $F(1) = 6,2$ ,  $p = 0,019$ ) и число возвратов к ней (ANOVA,  $F(1) = 4,51$ ,  $p = 0,04$ ). Для других показателей окуломоторных паттернов различий не выявлено. Примеры описанных паттернов движений глаз для детей 4–5 и 6–7 лет представлены на рис. 2.



Таблица 1 / Table 1  
Описательные статистики для показателей окуломоторных паттернов и регуляторных функций  
для детей средней и подготовительной групп детского сада (N = 62)  
Descriptive statistics for indicators of oculomotor patterns and executive functions for children  
of the middle and senior kindergarten groups (N = 62)

| Показатели / Indicators                                                                                                                                     | Среднее значение / Mean |                 | Стандартное отклонение / Standard deviation |                 | Минимум / Minimum |                 | Максимум / Maximum |                 |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|-----------------|---------------------------------------------|-----------------|-------------------|-----------------|--------------------|-----------------|
|                                                                                                                                                             | 4–5 лет / years         | 5–6 лет / years | 4–5 лет / years                             | 5–6 лет / years | 4–5 лет / years   | 5–6 лет / years | 4–5 лет / years    | 5–6 лет / years |
| Количество фиксации до первой фиксации на области интереса (проба 1) / The number of fixations before the first fixation on the area of interest (sample 1) | 0,853                   | 0,944           | 2,66                                        | 2,18            | 0                 | 0               | 15                 | 9               |
| Время до первой фиксации на области интереса (проба 1) / Time until the first fixation on the area of interest (sample 1)                                   | 0,221                   | 0,158           | 0,505                                       | 0,242           | 0                 | 0               | 2,51               | 0,756           |
| Общее время просмотра области интереса (проба 1) / Total viewing time of the area of interest (sample 1)                                                    | 17                      | 10,2            | 13                                          | 4,42            | 0,0332            | 0,854           | 83                 | 15,5            |
| Продолжительность первой фиксации на области интереса (проба 1) / Duration of the first fixation on the area of interest (sample 1)                         | 0,397                   | 0,228           | 0,289                                       | 0,196           | 0,0165            | 0,0151          | 1,03               | 0,689           |
| Число возвратов в область интереса (проба 1) / The number of returns to the area of interest (sample 1)                                                     | 8,65                    | 6,78            | 8,71                                        | 6,27            | 0                 | 1               | 35                 | 23              |
| Общее количество фиксаций на области интереса (проба 1) / Total number of fixations on the area of interest (sample 1)                                      | 45,4                    | 40,3            | 29,9                                        | 19,6            | 2                 | 5               | 129                | 77              |
| Средняя амплитуда саккад на области интереса (проба 1) / Average saccade amplitude in the area of interest (sample 1)                                       | 5,63                    | 5,33            | 1,22                                        | 1,83            | 3,11              | 3,16            | 7,97               | 9,69            |
| Общее количество саккад на области интереса (проба 1) / Total number of saccades per area of interest (sample 1)                                            | 36,8                    | 32,5            | 23,1                                        | 16,4            | 5                 | 2               | 114                | 53              |
| Общая длина пути сканирования области интереса (проба 1) / Total length of the scanning path of the area of interest (sample 1)                             | 198                     | 159             | 127                                         | 66,4            | 25,5              | 8,99            | 808                | 252             |



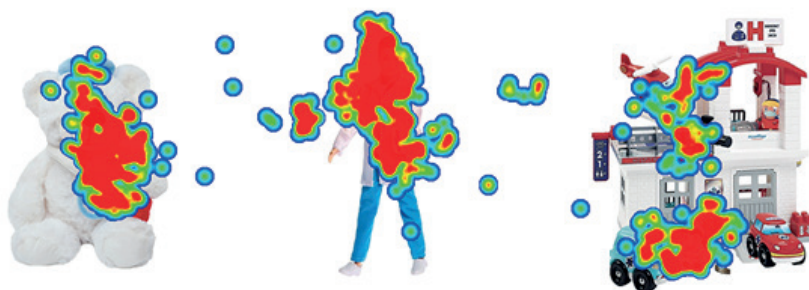
| Показатели / Indicators                                                                                                                                     | Среднее значение / Mean |                 | Стандартное отклонение / Standard deviation |                 | Минимум / Minimum |                 | Максимум / Maximum |                 |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|-----------------|---------------------------------------------|-----------------|-------------------|-----------------|--------------------|-----------------|
|                                                                                                                                                             | 4–5 лет / years         | 5–6 лет / years | 4–5 лет / years                             | 5–6 лет / years | 4–5 лет / years   | 5–6 лет / years | 4–5 лет / years    | 5–6 лет / years |
| Соотношение площади области интереса к площади стимула (проба 1) / The ratio of the area of the area of interest to the area of the stimulus (sample 1)     | 0,958                   | 0,955           | 0                                           | 0,013           | 0,958             | 0,899           | 0,958              | 0,958           |
| Количество фиксаций до первой фиксации на области интереса (проба 2) / The number of fixations before the first fixation on the area of interest (sample 2) | 3,44                    | 1,61            | 6,41                                        | 3,31            | 0                 | 0               | 22                 | 13              |
| Время до первой фиксации на области интереса (проба 2) / Time until the first fixation on the area of interest (sample 2)                                   | 0,463                   | 0,224           | 0,62                                        | 0,251           | 0                 | 0               | 1,84               | 0,789           |
| Общее время просмотра области интереса (проба 2) / Total viewing time of the area of interest (sample 2)                                                    | 16,4                    | 13,1            | 5,25                                        | 6,8             | 0,362             | 0,442           | 27,8               | 22,2            |
| Продолжительность первой фиксации на области интереса (проба 2) / Duration of the first fixation on the area of interest (sample 2)                         | 0,559                   | 0,307           | 0,638                                       | 0,327           | 0,0166            | 0,0166          | 2,48               | 1,28            |
| Число возвратов в область интереса (проба 2) / The number of returns to the area of interest (sample 2)                                                     | 6,84                    | 6,67            | 8,44                                        | 6,62            | 0                 | 0               | 37                 | 21              |
| Общее количество фиксаций на области интереса (проба 2) / Total number of fixations on the area of interest (sample 2)                                      | 37,1                    | 38,3            | 20,8                                        | 30,9            | 1                 | 2               | 94                 | 145             |
| Средняя амплитуда саккад на области интереса (проба 2) / Average saccade amplitude in the area of interest (sample 2)                                       | 5,65                    | 5,22            | 1,4                                         | 1,13            | 3,61              | 3,46            | 9,88               | 7               |
| Общее количество саккад на области интереса (проба 2) / Total number of saccades per area of interest (sample 2)                                            | 29,2                    | 30,6            | 15,9                                        | 30,1            | 0                 | 0               | 81                 | 138             |
| Общая длина пути сканирования области интереса (проба 2) / Total length of the scanning path of the area of interest (sample 2)                             | 158                     | 150             | 64,1                                        | 108             | 0                 | 0               | 305                | 478             |
| Соотношение площади области интереса к площади стимула (проба 2) / The ratio of the area of the area of interest to the area of the stimulus (sample 2)     | 0,984                   | 0,984           | 0                                           | 0               | 0,984             | 0,984           | 0,984              | 0,984           |
| Количество фиксаций до первой фиксации на области интереса (проба 3) / The number of fixations before the first fixation on the area of interest (sample 3) | 1,65                    | 2,88            | 137                                         | 5,25            | 0                 | 0               | 705                | 19              |



| Показатели / Indicators                                                                                                                                 | Среднее значение / Mean |                 | Стандартное отклонение / Standard deviation |                 | Минимум / Minimum |                 | Максимум / Maximum |                 |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|-----------------|---------------------------------------------|-----------------|-------------------|-----------------|--------------------|-----------------|
|                                                                                                                                                         | 4–5 лет / years         | 5–6 лет / years | 4–5 лет / years                             | 5–6 лет / years | 4–5 лет / years   | 5–6 лет / years | 4–5 лет / years    | 5–6 лет / years |
| Время до первой фиксации на области интереса (проба 3) / Time until the first fixation on the area of interest (sample 3)                               | 0,942                   | 0,57            | 2,57                                        | 1,12            | 0                 | 0               | 13,3               | 3,83            |
| Общее время просмотра области интереса (проба 3) / Total viewing time of the area of interest (sample 3)                                                | 15,9                    | 11              | 5,45                                        | 6,74            | 2,89              | 0,0654          | 30,7               | 19,6            |
| Продолжительность первой фиксации на области интереса (проба 3) / Duration of the first fixation on the area of interest (sample 3)                     | 0,867                   | 0,452           | 1,57                                        | 0,624           | 0/0156            | 0,0166          | 7,67               | 2,34            |
| Число возвратов в область интереса (проба 3) / The number of returns to the area of interest (sample 3)                                                 | 47,4                    | 6,25            | 207                                         | 7,02            | 0                 | 0               | 1105               | 24              |
| Общее количество фиксаций на области интереса (проба 3) / Total number of fixations on the area of interest (sample 3)                                  | 40,4                    | 33,6            | 25,6                                        | 21,7            | 4                 | 3               | 97                 | 71              |
| Средняя амплитуда саккад на области интереса (проба 3) / Average saccade amplitude in the area of interest (sample 3)                                   | 5,38                    | 4,45            | 2,81                                        | 1,57            | 2,69              | 1,77            | 18,1               | 7,09            |
| Общее количество саккад на области интереса (проба 3) / Total number of saccades per area of interest (sample 3)                                        | 31,1                    | 28,1            | 20,9                                        | 16,7            | 2                 | 1               | 82                 | 61              |
| Общая длина пути сканирования области интереса (проба 3) / Total length of the scanning path of the area of interest (sample 3)                         | 142                     | 123             | 75,6                                        | 61,2            | 36,2              | 2,56            | 311                | 220             |
| Соотношение площади области интереса к площади стимула (проба 3) / The ratio of the area of the area of interest to the area of the stimulus (sample 3) | 0,808                   | 0,808           | 0                                           | 0               | 0,808             | 0,808           | 0,808              | 0,808           |
| Зрительная рабочая память / Visual working memory                                                                                                       | 49,2                    | 69,1            | 13,5                                        | 22              | 30                | 43              | 81                 | 114             |
| Слухоречевая рабочая память / Auditory working memory                                                                                                   | 15,7                    | 19,8            | 3,94                                        | 4,63            | 8                 | 6               | 23                 | 26              |
| Когнитивная гибкость / Cognitive flexibility                                                                                                            | 17                      | 20,3            | 5,53                                        | 2,71            | 6                 | 14              | 24                 | 23              |
| Когнитивный сдерживающий контроль / Cognitive inhibitory control                                                                                        | 11,9                    | 12,3            | 3,14                                        | 2,82            | 6                 | 8               | 19                 | 19              |
| Физический сдерживающий контроль / Physical inhibitory control                                                                                          | 9,7                     | 14,49           | 4,98                                        | 8,31            | 4                 | 3               | 21,5               | 30              |



Пример тепловой карты дошкольника 4–5 лет /  
An example of a heat map of a preschooler aged 4–5 years



Пример тепловой карты дошкольника 6–7 лет /  
An example of a heat map of a preschooler aged 6–7 years

**Рис. 2.** Примеры тепловых карт окуломоторных паттернов дошкольников 4–5 и 6–7 лет при выборе наиболее предпочитаемой игрушки

**Fig. 2.** Examples of heat maps for oculomotor patterns of preschoolers aged 4–5 and 6–7 years when choosing the most preferred toy

### *Анализ взаимосвязи регуляторных функций и окуломоторных паттернов*

Для выявления взаимосвязи РФ и паттернов движений глаз проведен корреляционный анализ Спирмена. Результаты показывают, что слухоречевая рабочая память отрицательно связана с общим временем просмотра области интереса в первой пробе ( $\rho = -0,299$ ,  $p = 0,037$ ), числом возвратов в область интересов в первой пробе ( $\rho = -0,052$ ,  $p = 0,033$ ), продолжительностью первой фиксации на области интереса в третьей пробе ( $\rho = -0,492$ ,  $p < 0,001$ ). То есть чем лучше у ребенка развита слухоречевая рабочая память, тем меньше время принятия решения, число возвращений в область интереса и продолжительность первой фиксации на ней.

Зафиксировано, что когнитивная гибкость значимо связана с общим временем просмотра области интереса во второй пробе ( $\rho = -0,352$ ,  $p = 0,015$ ), числом возвратов в область интересов во всех пробах ( $\rho = -0,278$ ,  $p = 0,045$ ;  $\rho = -0,325$ ,  $p = 0,026$ ;  $\rho = -0,39$ ,  $p = 0,011$  соответственно для первой, второй и третьей пробы), средней амплитудой саккад на области интересов во второй пробе ( $\rho = -0,322$ ,  $p = 0,033$ ), количеством фиксаций до первой фиксации на области интересов в третьей пробе ( $\rho = -0,28$ ,  $p = 0,05$ ). То есть чем лучше у ребенка развита когнитивная гибкость, тем меньше времени он затрачивает на просмотр области интересов, реже в нее возвращается, программирует большие по амплитуде саккады и быстрее находит область интереса.



Показано, что когнитивный сдерживающий контроль значимо связан с продолжительностью первой фиксации на области интересов в первой пробе ( $\rho = -0,493$ ,  $p = 0,044$ ), числом возвратов в область интересов в первой пробе ( $\rho = 0,536$ ,  $p = 0,027$ ), общим количеством фиксаций на области интересов в первой пробе ( $\rho = -0,511$ ,  $p = 0,036$ ), средней амплитудой саккад на области интересов в первой и третьей пробах ( $\rho = 0,54$ ,  $p = 0,025$ ;  $\rho = 0,535$ ,  $p = 0,049$ ). То есть чем лучше ребенок сдерживает свои импульсивные реакции, тем меньше количество его фиксаций и их продолжительность на области интересов, тем больше средняя амплитуда саккад и число возвратов к области интереса.

Для определения того, являются ли РФ предикторами паттернов движений глаз, а также для уточнения совместного вклада фактора возраста, т. е. естественного развития детей, и уровня развития РФ вразброс показателей окуломоторных паттернов, были построены регрессионные модели. В качестве зависимой переменной выступали показатели окуломоторных паттернов, а в качестве предикторов — показатели РФ при контроле фактора возраста (табл. 2). Результаты свидетельствуют о том, что когнитивная гибкость является значимым предиктором таких паттернов движений глаз, как время до первой фиксации на области интереса во второй пробе ( $R = 0,443$ ,  $p = 0,008$ ), продолжительность первой фиксации на области интереса во второй пробе ( $R = 0,442$ ,  $p = 0,008$ ), количество фиксаций до первой фиксации на области интереса в третьей пробе ( $R = 0,377$ ,  $p = 0,05$ ) при отсутствии значимого вклада фактора возраста. Когнитивная гибкость и возраст ребенка являются значимыми предикторами общего времени просмотра области интереса в трех пробах ( $R = 0,368$ ,  $p = 0,035$ ;  $R = 0,495$ ,  $p = 0,002$ ;  $R = 0,506$ ,  $p = 0,003$ ). Примеры паттернов движений глаз дошкольников 4–5 и 6–7 лет с низкими и высокими показателями когнитивной гибкости представлены на рис. 3. Также обнаружено, что слухоречевая рабочая память является значимым предиктором продолжительности первой фиксации в третьей пробе ( $R = 0,419$ ,  $p = 0,023$ ). Обратные регрессионные модели, в которых в качестве зависимой переменной были выбраны показатели РФ, а в качестве предикторов — показатели окуломоторной активности и фактор возраста, зафиксировали одну значимую модель. Продолжительность первой фиксации на области интереса во второй пробе оказалась значимым предиктором когнитивной гибкости ( $R = 0,501$ ,  $p = 0,006$  — для всей модели,  $p = 0,008$  — для предиктора), в то время как фактор возраста не вносит вклад в данную переменную ( $p = 0,193$ ).

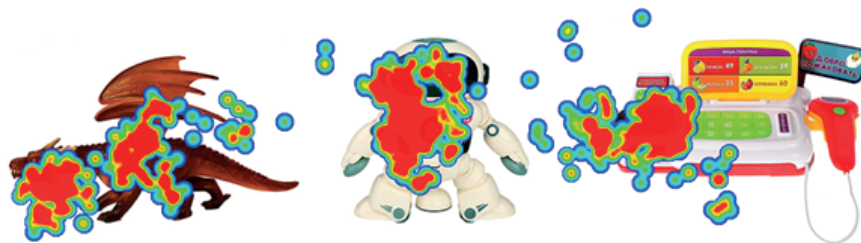
Таблица 2 / Table 2

**Предикторы окуломоторных паттернов у дошкольников 4–7 лет (N = 62)**  
**Predictors of oculomotor patterns in preschoolers aged 4–7 years (N = 62)**

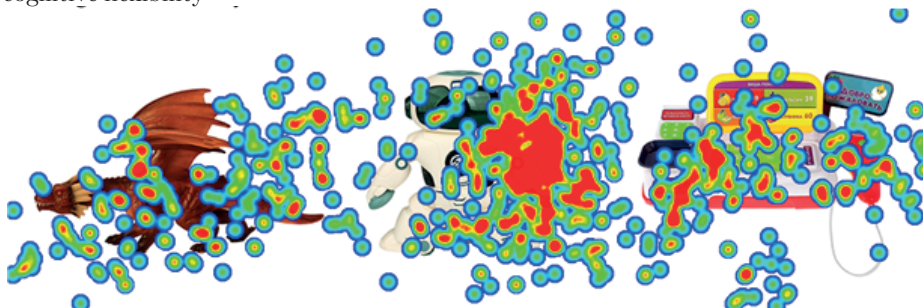
| Регрессионная модель / Regression model                                                                                                                                 | Предиктор / Predictors | Фактор возраста / Age factor | Общая оценка модели / Model parameters |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------|------------------------------|----------------------------------------|
| Когнитивная гибкость → общее время просмотра области интереса в первой пробе / Cognitive flexibility → total viewing time of the area of interest in the first sample   | $p = 0,026$            | $p = 0,015$                  | $R = 0,368$ ,<br>$p = 0,035$ ;         |
| Когнитивная гибкость → общее время просмотра области интереса во второй пробе / Cognitive flexibility → total viewing time of the area of interest in the second sample | $p = 0,003$            | $p = 0,008$                  | $R = 0,495$<br>$p = 0,002$             |



| Регрессионная модель / Regression model                                                                                                                                                                                   | Предиктор / Predictors | Фактор возраста / Age factor | Общая оценка модели / Model parameters |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------|------------------------------|----------------------------------------|
| Когнитивная гибкость → время до первой фиксации на области интереса во второй пробе / Cognitive flexibility → the time until the first fixation on the area of interest in the second sample                              | $p = 0,006$            | $p = 0,405$                  | $R = 0,443$ ,<br>$p = 0,008$           |
| Когнитивная гибкость → продолжительность первой фиксации на области интереса во второй пробе / Cognitive flexibility → duration of the first fixation on the area of interest in the second sample                        | $p = 0,008$            | $p = 0,435$                  | $R = 0,442$ ,<br>$p = 0,008$           |
| Когнитивная гибкость → общее время просмотра области интереса в третьей пробе / Cognitive flexibility → total viewing time of the area of interest in the third sample                                                    | $p = 0,033$            | $p = 0,001$                  | $R = 0,506$ ,<br>$p = 0,003$           |
| Когнитивная гибкость → количество фиксаций до первой фиксации на области интереса в третьей пробе / Cognitive flexibility → the number of fixations before the first fixation on the area of interest in the third sample | $p = 0,023$            | $p = 0,902$                  | $R = 0,377$ ,<br>$p = 0,05$            |
| Слухоречевая рабочая память → продолжительность первой фиксации в третьей пробе / Auditory working memory → duration of the first fixation in the third sample                                                            | $p = 0,013$            | $p = 0,82$                   | $R = 0,419$ ,<br>$p = 0,023$           |



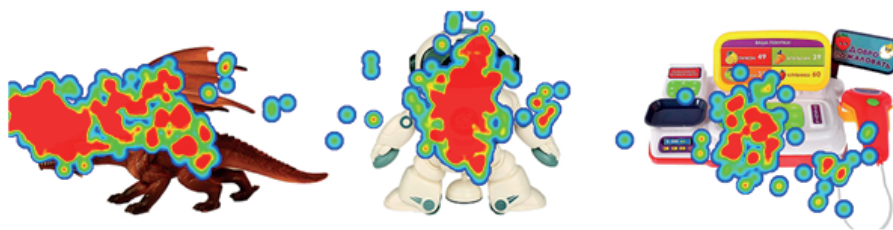
Пример тепловой карты дошкольника 4–5 лет с высоким уровнем когнитивной гибкости / An example of a 4–5-year-old preschooler's heat map with a high level of cognitive flexibility



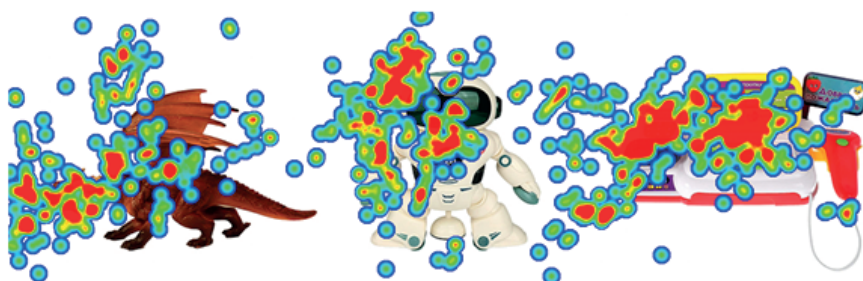
Пример тепловой карты дошкольника 4–5 лет с низким уровнем когнитивной гибкости / An example of a 4–5-year-old preschooler's heat map with a low level of cognitive flexibility

**Рис. 3.** Примеры тепловых карт окуломоторных паттернов дошкольников 4–5 и 6–7 лет с разным уровнем развития когнитивной гибкости при выборе наиболее предпочитаемой игрушки

**Fig. 3.** Examples of heat maps for oculomotor patterns of preschoolers aged 4–5 and 6–7 years with different levels of cognitive flexibility when choosing the most preferred toy



Пример тепловой карты дошкольника 6–7 лет с высоким уровнем когнитивной гибкости /  
An example of a 6–7-year-old preschooler's heat map with a high level of cognitive flexibility



Пример тепловой карты дошкольника 6–7 лет с низким уровнем когнитивной  
гибкости / An example of a 6–7-year-old preschooler's heat map with a low level of  
cognitive flexibility

**Рис. 3.** Продолжение  
**Fig. 3.** Continuation

## Обсуждение результатов

Целью настоящего исследования было выявление особенностей стратегий движения глаз у дошкольников 4–5 и 6–7 лет и установление их взаимосвязей с показателями РФ. В рамках эмпирического исследования с использованием айтрекинга дошкольникам 4–5 и 6–7 лет необходимо было принять решение о том, какая из предложенных игрушек наиболее предпочтительна для них. Результаты показали, что дошкольники 4–5 лет значительно больше времени затрачивают на поиск и определение области интереса, ее просмотр, чаще возвращаются к уже просмотренным областям, дольше удерживают отдельные фиксации на областях интереса, делают больше нерелевантных фиксаций. Также были выявлены взаимосвязи окулomotorных паттернов с РФ: слухоречевой рабочей памятью, когнитивной гибкостью, когнитивным сдерживающим контролем. Наконец, результаты показали, что когнитивная гибкость вне зависимости от возраста дошкольников вносит вклад в особенности и различия окулomotorных паттернов у дошкольников, в частности в продолжительность первой фиксации на области интересов, количество фиксаций вне области интереса, скорость определения области интереса. Также обнаружено, что слухоречевая рабочая память является значимым предиктором продолжительности первой фиксации на области интереса, однако данный результат нельзя считать достоверным, так как он был обнаружен только для одной пробы.

Ключевой особенностью обработки визуальной информации у дошкольников 4–5 лет является развернутость перцептивных действий, т. е. большое количество фиксаций, продолжительных по времени, большое количество фиксаций в нецелевых областях, например в пустоте, пересмотр. Дошкольники 4–5 лет осматривают обширную область, прежде чем



замечают целевой объект, после чего регулярно возвращаются к уже просмотренным областям вместо изучения новых. Для детей 6–7 лет характерно более быстрое принятие решения, что проявляется в значительно меньшем времени до обнаружения области интереса и ее изучения, а также в меньшем числе пересмотров данной области, более низкой продолжительности первой фиксации на области интересов. Вместе эти данные могут указывать на то, что у дошкольников 6–7 лет выше сокращенность, свернутость и точность перцептивных действий, чем у детей 4–5 лет (Фарбер, Бетелева, 2005). Обнаруженные различия в стратегиях движения глаз у дошкольников разных возрастов согласуются с другими айтрекинг-исследованиями, в которых показано, что в результате различных видов обучения и тренировок зрительного восприятия, а также в ходе получения естественного опыта обработки визуальной информации перцептивные действия сворачиваются (Andr et al., 2009; Haider, Frensch, 1999), стратегии становятся более гибкими (Кричивец, Шварц, Чумаченко, 2014), скорость восприятия информации увеличивается (Peters, 2010) и формируется умение выделять релевантные задачи области (Inglis, Alcock, 2012; Kundel, 2007). Отметим, что зафиксированные особенности обработки визуальной информации показывают, что для детей 4–5 лет задача выбора игрушки характеризуется большей когнитивной сложностью, чем для детей 6–7 лет (Барабанщиков, Жегалло, 2010). Различия в когнитивной нагрузке при принятии решения указывают на то, что более оптимальные стратегии движения глаз в более старшем возрасте связаны не только с особенностями зрительного восприятия, но и с другими когнитивными процессами, например зрительно-пространственным анализом и синтезом, перцептивным моделированием, вниманием, саморегуляцией и планированием.

Полученные в рамках настоящего исследования данные демонстрируют, что развитие стратегий движения глаз связано не только с самим фактом естественного развития зрительного восприятия ребенка, но и с развитием у дошкольников когнитивной гибкости. Результаты показали, что когнитивная гибкость является значимым предиктором сокращенности, скорости и точности обработки информации при контроле фактора возраста. Когнитивная гибкость способствует более быстрому переключению внимания между различными задачами и объектами, в том числе между релевантными и нерелевантными стимулами (Casey, 2023). Поэтому дошкольники с более высоким уровнем когнитивной гибкости быстрее переключаются между областями визуальной информации и соответственно могут быстрее выделить существенный информационный признак, т. е. когнитивная гибкость может способствовать сокращению продолжительности фиксаций, увеличению скорости определения целевой области и сокращению нерелевантных фиксаций. Полученные данные также могут говорить о том, что для детей с низким уровнем развития когнитивной гибкости задача сравнения объектов является более сложной и трудоемкой в связи с более медленным протеканием когнитивных процессов, чем для детей с высоким уровнем развития когнитивной гибкости (Барабанщиков, Жегалло, 2013). Данные указывают на правомерность представлений о том, что зрительное восприятие не только связано с регуляторными процессами, но и «опирается» на них (Морозова, Звягина, Теребова, 2008; Смирнова, 2024). В то же время результаты уточняют и дополняют существующие исследования. А именно, результаты дают основание предполагать, что целенаправленная тренировка именно когнитивной гибкости может помогать формированию оптимальных стратегий движения глаз у нормотипичных дошкольников, что открывает перспективы дополнения программ для развития зрительного восприятия.



Наличие значимых взаимосвязей РФ и окуломоторных паттернов указывает на критическую важность развития РФ в дошкольном возрасте как когнитивных процессов, обеспечивающих работу высших психических функций. Так, чем выше у ребенка показатели когнитивного сдерживающего контроля, тем меньше фиксаций он совершает при обработке визуальной информации и тем больше амплитуда его саккад, т. е. он совершает более быстрый, комплексный анализ визуальной информации. Данный результат может быть связан с тем, что когнитивный сдерживающий контроль позволяет ребенку не отвлекаться на нерелевантные задачи области (Casey, 2023). Подчеркнем, что при этом высокий сдерживающий контроль связан с большим числом возвращений к уже просмотренным областям. Это указывает на то, что пересмотр в большей степени зависит не от способности сдерживать импульсивные реакции, а от способности переключаться с уже изученных, привлекательных объектов на новые. Наличие обратной связи слухоречевой рабочей памяти с количеством возвращений к просмотренным областям и продолжительностью фиксаций может быть, с одной стороны, связано со спецификой предложенного в устной форме задания. Дети, лучше удерживающие суть задания, не отвлекались на бесцельное рассматривание привлекательных игрушек и быстрее принимали решение. С другой стороны, малое число и время последовательных фиксаций в зоне интереса, а также частые переходы от одной зоны к другой в задачах поиска и сравнения объектов может быть интерпретировано как использование стратегии, обеспечивающей минимальную нагрузку на рабочую память (Edelman, 2008). Обнаруженные взаимосвязи с различными компонентами РФ подчеркивают значимость развития РФ для зрительного восприятия и согласуются с исследованиями, демонстрирующими связь зрительно-пространственных навыков и РФ (Suresh, 2020; Zysset et al., 2018). Однако полученные данные показывают, что связь обнаруживается не только на более высоком уровне анализа информации и работы с ней, как выбор правильной фигуры или решение пространственных задач, но и на уровне паттернов движения глаз. Это свидетельствует о том, что зрительное восприятие является интегративным ориентировочно-исследовательским действием, включающим в себя различные когнитивные процессы.

**Направление дальнейших исследований.** В данном исследовании продемонстрировано, что когнитивная гибкость вносит вклад в оптимальные стратегии движений и глаз, также показана взаимосвязь окуломоторных паттернов и различных компонентов РФ. Оценка возможностей формирования оптимальных стратегий движения глаз через целенаправленное развитие и тренировку РФ, в частности когнитивной гибкости, может стать направлением дальнейших исследований. Другим направлением исследований могло бы стать расширение круга когнитивных процессов, потенциально влияющих на стратегии движения глаз при принятии решения у детей. Изучение связей оптимальных стратегий движений глаз с другими когнитивными процессами, например зрительным синтезом и анализом, планированием, невербальным интеллектом, перцептивным моделированием и другими, позволит эффективнее и точнее делать прогнозы об успешности обучения дошкольника на следующих этапах образования.

## Заключение

В данной работе представлены особенности ориентировочно-исследовательских действий у дошкольников 4–5 и 6–7 лет. Показано, что дети 4–5 лет не только больше времени затрачивают на обработку визуальной информации, но и совершают значительно больше



нерелевантных задаче фиксации и фиксации до определения области интереса, возвратов к уже просмотренным областям визуального поля вместо изучения новых. Ориентировочно-исследовательские действия дошкольников 6–7 лет характеризуется большей сокращенностью, точностью, системностью и скоростью. Показано, что данные характеристики связаны с такими компонентами РФ, как слухоречевая рабочая память, когнитивная гибкость и когнитивный сдерживающий контроль. При этом когнитивная гибкость является значимым предиктором особенностей ориентировочно-исследовательских действий.

**Ограничения.** Главные ограничения данного исследования касаются объема исследуемой выборки, что накладывает ограничения на достоверность статистического анализа. Однако в процессе обработки результатов данный аспект соответственно учтен, например, применялись дополняющие друг друга методы, чтобы оценить надежность результатов. Кроме того, исследуемая выборка значительно больше, чем обычно встречается в исследованиях дошкольников с использованием айтрекинга. Наконец, включение дополнительных переменных, которые могут оказывать влияние на стратегии движений глаз при выборе игрушек (например, таких как невербальный интеллект, перцептивное моделирование и т. д.), в качестве контрольных могло бы дополнить и расширить полученные выводы.

**Limitations.** The main limitations of this study relate to the sample size, which imposes limitations on the reliability of statistical analysis. However, during the results analysis, this aspect was taken into account, for example, complementary methods were used to assess the reliability of the results. In addition, the sample under study is significantly larger than is usually found in studies of preschoolers using eyetracking. Finally, the inclusion of additional variables that may influence eye movement strategies (non-verbal intelligence, perceptual modeling, etc.), as a control factor, could complement and expand the findings.

### Список источников / References

1. Барабанщиков, В.А., Жегалло, А.В. (2010). Методы регистрации движений глаз: теория и практика. Психолого-педагогические исследования, 2(5), 240–254.  
Barabanshchikov, V.A., Zhegallo, A.V. (2010). Eye-Tracking Methods: Theory and Practice. *Psychological Science and Education*, 2(5), 240–254. (In Russ.).
2. Барабанщиков, В.А., Жегалло, А.В. (2013). Регистрация и анализ направленности взгляда человека. М.: Институт психологии РАН.  
Barabanshchikov, V.A., Zhegallo, A.V. (2013). *Registration and analysis of the orientation of a person's gaze*. Moscow: Institute of Psychology of the Russian Academy of Sciences. (In Russ.).
3. Веракса, А.Н., Алмазова, О.В., Бухаленкова, Д.А. (2020). Диагностика регуляторных функций в старшем дошкольном возрасте: батарея методик. Психологический журнал, 41(6), 108–118. <https://doi.org/10.31857/S020595920012593-8>  
Veraksa, A.N., Almazova, O.V., Buhalenkova, D.A. (2020). Diagnostics of executive functions in senior preschool age: battery of techniques. *Psychological journal*, 41(6), 108–118. (In Russ.). <https://doi.org/10.31857/S020595920012593-8>
4. Запорожец, А.В. (1967). Восприятие и действие. М.: Просвещение.  
Zaporozhets, A.V., (1967). *Perception and action*. Moscow: Nauka. (In Russ.).
5. Карпинская, В.Ю., Филиппова, М.Г., Андриянова, Н.В. (2023). Решение задачи по поиску различий в иллюзорном контексте. Российский психологический журнал, 20(2), 122–136, <https://doi.org/10.21702/rpj.2023.2.8>  
Karpinskaya, V.Yu., Filippova, M.G., Andrianova, N.V. (2023). Solving the problem of finding differences in an illusory context. *Russian Psychological Journal*, 20(2), 122–136. <https://doi.org/10.21702/rpj.2023.2.8> (In Russ.).



6. Кричивец, А.Н., Шварц, А.Ю., Чумаченко, Д.В. (2014). Перцептивные действия у учащихся и экспертов при использовании визуальной математической модели. Психология. Журнал высшей школы экономики, 3, 55–78. <https://doi.org/10.17323/1813-8918-2014-3-55-78>  
Krichevets, A.N., Shvartz, A.Y., Chumachenko, A.V. (2014). Perceptual actions of students and experts when using a visual mathematical model. *Psychology. Journal of the Higher School of Economics*, 3, 55–78 (In Russ.). <https://doi.org/10.17323/1813-8918-2014-3-55-78>
7. Меньшикова, Г.Я., Пичугина, А.О. (2023). Особенности восприятия привлекательности лица при разном уровне эмоционального интеллекта. Вестник Московского университета. Серия 14. Психология, 46(1), 100–120. <https://doi.org/10.11621/vsp.2023.01.05>  
Menshikova, G.Ya., Pichugina, A.O. (2023). Features of perception of facial attractiveness at different levels of emotional intelligence. *Bulletin of the Moscow University. Episode 14. Psychology*, 46(1), 100–120. (In Russ.). <https://doi.org/10.17323/1813-8918-2014-3-55-78>
8. Морозова, Л.В., Звягина, Н.В., Теребова, Н.Н. (2008). Особенности реализации зрительного восприятия у детей 7 лет с разной функциональной зрелостью структур головного мозга. Физиология человека, 34(1), 19–27.  
Morozova, L.V., Zvyagina, N.V., Terebova, N.N. (2008). Features of the realization of visual perception in children aged 7 years with different functional maturity of brain structures. *Human physiology*, 34(1), 19–27. (In Russ.).
9. Смирнова, Я.К. (2024). Айттрекинг-исследование особенностей перцептивной деятельности дошкольников с нарушением слуха при взаимодействии с визуальным учебным материалом в процессе обучения. Экспериментальная психология, 17(1), 17–43. <https://doi.org/10.17759/expsy.2024170102>  
Smirnova, Ya.K. (2024). Eye tracking study of perceptual activity in preschoolers with hearing impairment when interacting with visual educational material in the learning process. *Experimental psychology*, 17(1), 17–43. (In Russ.). <https://doi.org/10.17759/expsy.2024170102>
10. Солнцева, О.В., Езопова, С.А., Каганец, С.В. (2023). Феноменология читательской компетентности детей старшего дошкольного возраста. Современное дошкольное образование, 5(119), 4–17. <https://doi.org/10.24412/2782-4519-2023-5119-4-17>  
Solntseva, O.V., Ezopova, S.A., Kaganets, S.V. (2023). Phenomenology of the reading competence of older preschool children. *Modern preschool education*, 5(119), 4–17. (In Russ.). <https://doi.org/10.24412/2782-4519-2023-5119-4-17>
11. Фарбер, Д.А., Бетелева, Т.Г. (2005). Формирование системы зрительного восприятия в онтогенезе. Физиология человека, 31(5), 26–36. <https://doi.org/10.1007/s10747-005-0091-3>  
Farber, D.A., Beteleva, T.G. (2005). Formation of the system of visual perception in ontogenesis. *Human physiology*, 31(5), 26–36. (In Russ.). <https://doi.org/10.1007/s10747-005-0091-3>
12. Andrà, C., Arzarello, F., Ferrara, F., Holmqvist, K., Lindström, P., Robutti, O., Sabena, C. (2009). How students read mathematical representations: An eye tracking study. In: Proceedings of the 33rd Conference of the International Group for the Psychology of Mathematics Education (pp. 49–56). Greece: PME 33.
13. Aydoner, S., Bumin, G. (2023). The factors associated with school readiness: Sensory processing, motor, and visual perceptual skills, and executive functions in kindergarten children. *Applied Neuropsychology: Child*, 1–9. <https://doi.org/10.1080/21622965.2023.2275677>
14. Carames, C.N., Irwin, L.N., Kofler, M.J. (2022). Is there a relation between visual motor integration and academic achievement in school-aged children with and without ADHD? *Child Neuropsychology*, 28(2), 224–243. <https://doi.org/10.1080/09297049.2021.1967913>
15. Casey, B.J. (2023). Executive functions in the brain, development and social context: Early contributions by neuroscientist, Adele Diamond. *Developmental Cognitive Neuroscience*, 62, 101272. <https://doi.org/10.1016/j.dcn.2023.101272>
16. Chengyu, S., Yang, F., Zhanlin, C., Jiaxi, C. (2024). Visual form perception is the common cognitive basis for reading comprehension and arithmetic computation in children. *Authorea*, 29. <https://doi.org/10.22541/au.173543564.45515241/v1>



17. Coetzee, D., Gerber, B. (2018). Difference between visual-motor integration status of typically developed learners and learners with learning-related problems. *South African Journal for Research in Sport, Physical Education and Recreation*, 40(2), 41–52.
18. Dalvand, H., Chamani, N., Rahsepar-Fard, K., Khorrami-Nejad, M., Dadgar, H. (2023). The effect of online visual games on visual perception, oculomotor, and balance skills of children with developmental dyslexia during the COVID-19 pandemic. *International Ophthalmology*, 43(12), 5011–5024. <https://doi.org/10.1007/s10792-023-02904-x>
19. Edelman, S. (2008). *Computing the mind: How the mind really works*. UK: Oxford University Press.
20. Fung, W.K., Chung, K.K.H., Lam, C.B. (2020). Mathematics, executive functioning, and visual-spatial skills in Chinese kindergarten children: Examining the bidirectionality. *Journal of Experimental Child Psychology*, 199, 104923. <https://doi.org/10.1016/j.jecp.2020.104923>
21. Gavrilova, M.N., Sukhikh, V.L. (2024). How do Children Choose Toys and are These Choices Associated with Developmental Outcomes? *Lomonosov Psychology Journal*, 47(2), 292–315. <https://doi.org/10.11621/LPJ-24-25>
22. Geist, E. (2024). Enhancing Learning Outcomes in Primary Education Through the Use of Block Play. In: *Conference Proceedings. The Future of Education 2024*. Florence: The future of education.
23. Haider, H., Frensch, P.A. (1999). Eye movement during skill acquisition: More evidence for the information-reduction hypothesis. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition*, 25, 172–190.
24. Hashemi, A., Khodaverdi, Z., Zamani, M.H. (2022). Effect of Wii Fit training on visual perception and executive function in boys with developmental coordination disorders: A randomized controlled trial. *Research in developmental disabilities*, 124, 104196. <https://doi.org/10.1016/j.ridd.2022.104196>.
25. Inglis, M., Alcock, L. (2012). Expert and novice approaches to reading mathematical proofs. *Journal for Research in Mathematics Education*, 43(4), 358–390. <https://doi.org/10.5951/jresmetheduc.43.4.0358>
26. Jamal, J.I., Yusof, M.H.M., Lim, K.Y., Jamal, J.A. (2023). Improving Visual Style Classification in Digital Games Using Intercoder Reliability Assessment. *Journal of Information and Communication Technology*, 22(2), 283–308. <https://doi.org/10.32890/jict2023.22.2.6>
27. Joukova, E.S., Bogoyavlenskaya, D.B., Artemenkov, S.L. (2023). The Main Characteristics of the Intellectual and Personal Development of Today's Primary Schoolchildren. *New Ideas in Child and Educational Psychology*, 1–2(4), 48–67. <https://doi.org/10.11621/nicep.2023.0403>
28. Komogortsev, O.V., Gobert, D.V., Jayarathna, S., Gowda S.M. (2010). Standardization of automated analyses of oculomotor fixation and saccadic behaviors. *IEEE Transactions on biomedical engineering*, 57(11), 2635–2645.
29. Korkman, M., Kirk, U., Kemp, S. (2007). *NEPSY II: Administrative Manual*. San Antonio, TX: Harcourt Assessment. URL: <https://researchportal.helsinki.fi/en/publications/nepsy-ii-administrative-manual>
30. Kundel, H.L. (2007). How to minimize perceptual error and maximize expertise in medical imaging. In: *Medical Imaging 2007: Image Perception, Observer Performance, and Technology Assessment* (pp. 71–81). USA: SPIE Publ. <https://doi.org/10.1117/12.718061>
31. Land, M.F., Hayhoe, M. (2001). In what ways do eye movements contribute to everyday activities? *Vision research*, 41(25–26), 559–565.
32. Lane, K. (2024). *Developing ocular motor and visual perceptual skills: An activity workbook*. New York: Routledge. <https://doi.org/10.4324/9781003523819>
33. Li, S., Hu, J., Chang, R., Li, Q., Wan, P., Liu, S. (2021). Eye Movements of Spatial Working Memory Encoding in Children with and without Autism: Chunking Processing and Reference Preference. *Autism Research*, 14(5), 897–910. <https://doi.org/10.1002/aur.2398>
34. Maccoby, E., Dowley, G. M., Hagan, J. W. (1965). Activity level and intellectual functioning in normal preschool children. *Child Development*, 36, 761–770.
35. Meng, X., Zhang, M., Wang, M. (2023). Effects of school indoor visual environment on children's health outcomes: A systematic review. *Health & Place*, 83, 103021. <https://doi.org/10.1016/j.healthplace.2023.103021>



36. Miyake, A., Friedman, N.P., Emerson, M.J., Witzki, A.H., Howerter, A., Wager, T.D. (2000). The unity and diversity of executive functions and their contributions to complex “frontal lobe” tasks: A latent variable analysis. *Cognitive psychology*, 41(1), 49–100.
37. Nassar, M.R., & Troiani, V. (2021). The stability flexibility tradeoff and the dark side of detail. *Cognitive, Affective, & Behavioral Neuroscience*, 21(3), 607–623. <https://doi.org/10.3758/s13415-020-00848-8>
38. Panfilova, E.A., Aslanova, M.S., Leonov, S.V., Sukhochev, P.Yu., Sedogin, E.A., Glotova, G.A., Polikanova, I.S. (2024). The application of eye movement registration systems in the assessment of visual-spatial memory in preschool children. *National Psychological Journal*, 19(4), 58–77. <https://doi.org/10.11621/npj.2024.0404>
39. Peters, M. (2010). Parsing mathematical constructs: results from a preliminary eye tracking study. *Proceedings of the British Society for Research into Learning Mathematics*, 30(2), 47–52.
40. Salvucci, D.D., Goldberg, J.H. (2000). Identifying fixations and saccades in eye-tracking protocols. In: *Proceedings of the 2000 symposium on Eye tracking research & applications* (pp. 71–78). New York: Association for Computing Machinery.
41. Schröder, E., Gredebäck, G., Gunnarsson, J., Lindskog, M. (2020). Play enhances visual form perception in infancy—an active training study. *Developmental science*, 23(3), e12923. <https://doi.org/10.1111/desc.12923>
42. Sukhikh, V.L., Veresov, N.N., Gavrilova, M.N. (2023). Playing with a Doll Family: Key Characteristics of Junior Preschoolers' Play Behaviour. *RUDN Journal of Psychology and Pedagogics*, 20(3), 446–463. <https://doi.org/10.22363/2313-1683-2023-20-3-446-463>
43. Suresh, R. (2020). The Relationship of Motor Coordination, Visual Perception, and Executive Function to the Development of 4–6-Year-Old Indian Preschoolers' Visual Motor Integration Skills. *International Journal of Pharmaceutical Research*, 12(4), 09752366. <https://doi.org/10.31838/ijpr/2020.12.04.543>
44. Veraksa, A., Sukhikh, V., Veresov, N., Almazova, O. (2022). Which play is better? Different play types and development of executive functions in early childhood. *International journal of early years education*, 30(3), 560–576. <https://doi.org/10.1080/09669760.2022.2091979>
45. Veraksa, A.N., Veresov, N.N., Sukhikh, V.L., Gavrilova, M.N., Plotnikova, V.A. (2024). Play to foster children's executive function skills: exploring short-and long-term effects of digital and traditional types of play. *International Journal of Early Childhood*, 56(3), 687–709. <https://doi.org/10.1007/s13158-023-00377-8>
46. Veraksa, A.N., Veresov, N.N., Sukhikh, V.L., et al. (2024). Correction to: Play to Foster Children's Executive Function Skills: Exploring Short and Long Term Effects of Digital and Traditional Types of Play. *IJEC*, 56, 711–712. <https://doi.org/10.1007/s13158-023-00385-8>
47. Vernet, M., Bellocchi, S., Leibnitz, L., Chaix, Y., & Ducrot, S. (2022). Predicting future poor readers from pre-reading visual skills: A longitudinal study. *Applied Neuropsychology: Child*, 11(3), 480–494. <https://doi.org/10.1080/21622965.2021.1895790>
48. Wagner, J.B., Luyster, R.J., Yim, J.Y., Tager-Flusberg, H., Nelson, C.A. (2013). The role of early visual attention in social development. *International journal of behavioral development*, 37(2), 118–124.
49. Wu, W.L., Huang, Y.L., Liang, J.M., Chen, C.H., Wang, C.C., Ho, W.H. (2022). Interactive Digital Game for Improving Visual–Perceptual Defects in Children with a Developmental Disability: Randomized Controlled Trial. *JMIR Serious Games*, 10(2), e34756. <https://doi.org/10.2196/34756>
50. Zakharova, M.N., Machinskaya, R.I. (2023). Voluntary control of cognitive activity in preschool children: age-dependent changes from ages 3–4 to 4–5. *Psychology in Russia: State of the art*, 16(3), 122–131. <https://doi.org/10.11621/pir.2023.0309>
51. Zelazo, P.D. (2006). The Dimensional Change Card Sort (DCCS): A method of assessing executive function in children. *Nature protocols*, 1(1), 297–301. <https://doi.org/10.1038/nprot.2006.46>
52. Zhang, X., Chen, C., Yang, T., Xu, X. (2020). Spatial skills associated with block-building complexity in preschoolers. *Frontiers in Psychology*, 11, 563493. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2020.563493>
53. Zysset, A.E., Kakebeeke, T.H., Messerli-Berg, N., Meyer, A.H., Stib, K., Leeger-Aschmann, C.S., Jenni, O.G. (2018). Predictors of executive functions in preschoolers: findings from the SPLASHY study. *Frontiers in psychology*, 9, 2060. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2018.02060>



### **Информация об авторах**

*Плотникова Валерия Андреевна*, младший научный сотрудник лаборатории психологии детства и цифровой социализации, Федеральный научный центр психологических и междисциплинарных исследований (ФГБНУ «ФНЦ ПМИ»), Москва, Российская Федерация, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1092-3290>, e-mail: [ler.shinelis@yandex.ru](mailto:ler.shinelis@yandex.ru)

*Гаврилова Маргарита Николаевна*, научный сотрудник лаборатории психологии детства и цифровой социализации, Федеральный научный центр психологических и междисциплинарных исследований (ФГБНУ «ФНЦ ПМИ»), Москва, Российская Федерация ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-8458-5266>, e-mail: [gavrilovamrg@gmail.com](mailto:gavrilovamrg@gmail.com)

*Смирнова Яна Константиновна*, кандидат психологических наук, доцент кафедры общей и прикладной психологии, Институт психологии, Алтайский государственный университет (ФГБОУ ВО «Алтайский государственный университет»), г. Барнаул, Россия ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-5453-0144>, e-mail: [yana.smirnova@mail.ru](mailto:yana.smirnova@mail.ru)

*Суких Вера Леонидовна*, научный сотрудник лаборатории психологии детства и цифровой социализации, Федеральный научный центр психологических и междисциплинарных исследований (ФГБНУ «ФНЦ ПМИ»), г. Москва, Российская Федерация ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5036-5743>, e-mail: [sukhikhvera@gmail.com](mailto:sukhikhvera@gmail.com)

### **Information about the authors**

*Valeriya A. Plotnikova*, Junior Research Assistant, Laboratory of Childhood Psychology and Digital Socialization, Federal Scientific Center of Psychological and Multidisciplinary Research, Moscow, Russian Federation, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1092-3290>, e-mail: [ler.shinelis@yandex.ru](mailto:ler.shinelis@yandex.ru)

*Margarita N. Gavrilova*, PhD in Psychology, Researcher Assistant, Laboratory of Childhood Psychology and Digital Socialization, Federal Scientific Center of Psychological and Multidisciplinary Research, Moscow, Russian Federation, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-8458-5266>, e-mail: [gavrilovamrg@gmail.com](mailto:gavrilovamrg@gmail.com)

*Yana K. Smirnova*, PhD in Psychology, Associate Professor of the Department of General and Applied Psychology, Institute of Psychology, Altai State University, Barnaul, Russian Federation, ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-5453-0144>, e-mail: [yana.smirnova@mail.ru](mailto:yana.smirnova@mail.ru)

*Vera L. Sukhikh*, Research Assistant, Laboratory of Childhood Psychology and Digital Socialization, Federal Scientific Center of Psychological and Multidisciplinary Research, Moscow, Russian Federation, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5036-5743>, e-mail: [sukhikhvera@gmail.com](mailto:sukhikhvera@gmail.com)

### **Вклад авторов**

Плотникова В.А. — аннотирование, написание и оформление рукописи; применение статистических, математических или других методов для анализа данных.

Гаврилова М.Н. — идеи исследования; концептуализация; планирование исследования; проведение эксперимента; написание и редакция рукописи.

Смирнова Я.К. — контроль за проведением исследования; сбор и анализ данных; применение статистических, математических или других методов для анализа данных; визуализация результатов исследования.

Суких В.Л. — идеи исследования; концептуализация; планирование исследования.

Все авторы приняли участие в обсуждении результатов и согласовали окончательный текст рукописи.

### **Contribution of the Authors**

Valeriya A. Plotnikova — annotation, writing and formatting of a manuscript; application of statistical, mathematical or other methods for data analysis.

Margarita N. Gavrilova — research ideas; conceptualization; research planning; conducting an experiment; writing and editing a manuscript.



Yana K. Smirnova — control over the conduct of research; data collection and analysis; application of statistical, mathematical or other methods for data analysis; visualization of research results.

Vera L. Sukhikh — research ideas; conceptualization; research planning.

All authors participated in the discussion of the results and approved the final text of the manuscript.

### ***Конфликт интересов***

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

### ***Conflict of Interest***

The authors declare no conflict of interest.

### ***Декларация об этике***

Исследование одобрено Комиссией по этике научных исследований ФНЦ ПМИ (заключение от 31.01.2024 № 3). Письменное информированное согласие на участие в данном исследовании было предоставлено законными представителями участников.

### ***Ethics Statement***

The study was approved by the Commission on Ethics of Scientific Research of VNC PMI (conclusion No. 3 dated 01/31/2024). Written informed consent to participate in this study was provided by the legal representatives of the participants.

Поступила в редакцию 06.06.2024

Поступила после рецензирования 06.11.2024

Принята к публикации 23.01.2025

Опубликована 01.03.2025

Received 2024.06.06.

Revised 2024.06.11.

Accepted 2025.23.01.

Published 2025.01.03.