



ПСИХОЛОГИЯ ОБРАЗОВАНИЯ | EDUCATIONAL PSYCHOLOGY

Научная статья | Original paper

Измерение зрительно-пространственной рабочей памяти у школьников в контексте учебных результатов: показатели точности, объема и эффективности

Т.Н. Тихомирова¹ ✉

¹ Федеральный научный центр психологических и междисциплинарных исследований,
Москва, Российская Федерация
✉ tikho@mail.ru

Резюме

Контекст и актуальность. Зрительно-пространственная рабочая память — залог успешного обучения на протяжении общего образования, а ее измерение тестом «Последовательности» практикуется не только исследователями, но и школьными психологами. При этом традиционно анализируется лишь показатель количества правильно выполненных заданий, не отражающий объем зрительно-пространственной рабочей памяти и эффективность выполнения теста. **Цель:** определить показатель выполнения теста зрительно-пространственной рабочей памяти «Последовательности», в наибольшей мере связанный с учебными результатами школьников, завершающих начальный и основной уровень общего образования. **Гипотеза.** Степень связи каждого из трех показателей выполнения теста «Последовательности» с учебными результатами по математике будет опосредована возрастными особенностями школьников (IV или IX классы) и окажется специфичной для вида учебного результата (экзамен или оценка). **Методы и материалы.** В исследовании приняли участие 505 учеников IV классов ($M = 10,8$; $SD = 0,4$; 50,4% девочек) и 496 учеников IX классов ($M = 15,8$; $SD = 0,4$; 50,1% девушек). Использовался тест «Последовательности» и фиксировались учебные результаты по математике. **Результаты.** Три показателя выполнения теста зрительно-пространственной рабочей памяти «Последовательности» — точность, объем и эффективность — оказываются в разной степени связанными с учебными результатами по математике на этапе завершения начального и основного уровня общего образования. Среди школьников IV классов наибольшие межгрупповые различия в учебных результатах получены в зависимости от показателя точности с размером эффекта до 24%, а среди школьников IX классов — от показателя эффективности с размером эффекта до 10%. **Выводы.** Делается вывод о необходимости внимания исследователей и практиков образования не только к количеству правильных ответов по тесту «Последовательности», но и к общему количеству выполненных заданий, что открывает зону ближайшего развития зрительно-пространственной рабочей памяти, а также к соотношению правильных решений к общему количеству заданий, что позволяет оценить эффективность деятельности школьника.

Ключевые слова: зрительно-пространственная рабочая память, тест «Последовательности», точность, объем, эффективность, начальный и основной уровень общего образования

Дополнительные данные. Данные не являются общедоступными из-за этических ограничений, указанных в информированных согласиях родителей школьников — участников исследования.



Для цитирования: Тихомирова, Т.Н. (2025). Измерение зрительно-пространственной рабочей памяти у школьников в контексте учебных результатов: показатели точности, объема и эффективности. *Экспериментальная психология*, 18(4), 194–210. <https://doi.org/10.17759/exppsy.2025180412>

Measuring visual-spatial working memory among schoolchildren: Accuracy, capacity, and efficiency in educational outcomes

T.N. Tikhomirova¹ ✉

¹ Federal Scientific Center for Psychological and Interdisciplinary Research, Moscow, Russian Federation
✉ tikho@mail.ru

Abstract

Context and relevance. Visual-spatial working memory is the key to successful learning throughout general education, and its measurement using the “Corsi Block Test” is practiced not only by researchers, but also by school psychologists. Typically, only the accuracy measure (number of correct responses) has been examined, which fails to capture both the capacity of visual-spatial working memory and the efficiency of task performance. **Objective:** to identify the performance indicator of the visual-spatial working memory (measured via the “Corsi Block Test”) that best correlates with educational outcomes in primary and secondary schoolchildren. **Hypothesis.** The strength of association between each of the three measures derived from the “Corsi Block Test” and mathematical learning outcomes will vary depending on the grade level of the schoolchildren (fourth vs. ninth grade), as well as the nature of the educational outcome being evaluated (examination results vs. teacher evaluations). **Methods and materials.** The study included two groups of schoolchildren: 505 fourth graders ($M_{age} = 10.8$ years; $SD = 0.4$; 50.4% female) and 496 ninth graders ($M_{age} = 15.8$ years; $SD = 0.4$; 50.1% female). Participants’ visual-spatial working memory was assessed using the “Corsi Block Test”, while their mathematics performance data were collected through standardized exams and teacher evaluations. **Results.** Three performance indicators of visual-spatial working memory – accuracy, capacity, and efficiency – assessed using the “Corsi Block Test”, exhibit differential associations with mathematics learning outcomes during primary and secondary general education. Among fourth-grade pupils, the greatest inter-group disparities in learning outcomes were observed for the accuracy metric, accounting for up to 24% variance. Conversely, among ninth-grade pupils, the efficiency indicator explained the highest proportion of variability in learning outcomes, reaching up to 10%. **Conclusions.** It is concluded that researchers and school psychologists should focus not only on the number of correct answers in the “Corsi Block Test”, but also consider the total number of attempted tasks, which reveals the zone of proximal development of visual-spatial working memory, as well as the ratio of correct solutions to the total number of attempts, which provides insight into the child’s problem-solving efficiency.

Keywords: visual-spatial working memory, the “Corsi Block Test”, accuracy, capacity, efficiency, primary and secondary levels of general education

Supplemental data. The data are not publicly available due to ethical restrictions.

For citation: Tikhomirova, T.N. (2025). Measuring visual-spatial working memory among schoolchildren: Accuracy, capacity, and efficiency in educational outcomes. *Experimental Psychology (Russia)*, 18(4), 194–210. (In Russ.). <https://doi.org/10.17759/exppsy.2025180412>



Введение

Зрительно-пространственная рабочая память — способность временно хранить и перерабатывать небольшие фрагменты информации, необходимые для актуальной в данный момент времени умственной работы, — является залогом успешного обучения на всем протяжении жизни человека (Allen, Higgins, Adams, 2019; Tikhomirova, Malykh, Malykh, 2020a; Atkinson, Martin, 2022; Živković et al., 2023).

Распространенным инструментом измерения зрительно-пространственной рабочей памяти является компьютеризированный тест «Последовательности», где респонденту требуется повторить с помощью компьютерной мыши порядок «свечения» элементов в задании (“Corsi Block Test”, Farrell Pagulayan et al., 2006). Каждое задание этого теста представляет собой последовательность из «зажигающихся» в определенном порядке блоков. Тест состоит из 12 заданий шести уровней сложности в зависимости от количества элементов, начиная с последовательности в 4 блока и заканчивая заданием с 9 блоками. Соответственно, каждый уровень сложности представлен двумя последовательностями по 4, 5, 6, 7, 8 и 9 блоков. На рис. 1 представлена схема предъявления заданий с указанием количества элементов (блоков).

Следует особо отметить, что тест автоматически завершается, если респондент не смог правильно воспроизвести обе последовательности определенного уровня сложности. При этом для воспроизведения последовательности более сложного уровня, содержащего большее число блоков, респонденту необходимо правильно выполнить хотя бы одну последовательность предыдущего уровня.

№ задания / Task number	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Количество элементов в задании / Number of elements in the task	4		5		6		7		8		9	

Рис. 1. Схема предъявления заданий с указанием количества элементов в тесте «Последовательности»

Fig. 1. Scheme of presentation of tasks indicating number of elements in the “Corsi Block Test”

При распространенности среди исследователей теста зрительно-пространственной рабочей памяти «Последовательности» обращает на себя внимание использование лишь количества правильно выполненных заданий, которое ассоциируется с показателем точности (Tikhomirova, Malykh, Malykh, 2020a; Živković et al., 2023 и др.). Вместе с тем, количество правильно выполненных заданий не дает представления об уровне сложности и, соответственно, о емкости, объеме зрительно-пространственной рабочей памяти (см. рис. 1). Например, 4 правильных ответа могут означать, что респондент правильно выполнил задания №№ 1, 2, 3 и 4. В то же время, учитывая, что для перехода на следующий уровень сложности можно правильно выполнить только одно задание предшествующего уровня, 4 правильных ответа также могут соответствовать заданиям №№ 1, 3, 5 и 7. Следовательно, при одинаковой точности в 4, один участник способен выполнить задание, содержащее 5 элементов, а второй участник — 7, что свидетельствует о различиях в объеме зрительно-пространственной рабочей памяти. Этот недостаток показателя точности выполнения теста «Последовательности», как правило, ограничивает понимание возрастных особенностей зрительно-пространственной рабочей памяти, что приводит к искажению данных, в том числе с участием респондентов школьного возраста.



Вместе с тем, при измерении зрительно-пространственной рабочей памяти тестом «Последовательности» не принимается во внимание показатель общего количество заданий. Но именно этот показатель дает представление об уровне сложности заданий, которые выполнял или правильно выполнил респондент. Например, показатель общего количества выполненных заданий, достигающий значения 8, означает, что абсолютно достоверно респондентом правильно выполнено задание предыдущего уровня объемом в 6 элементов (см. рис. 1). Такая однозначность интерпретации общего количества выполненных заданий в тесте «Последовательности», свидетельствующая об объеме зрительно-пространственной рабочей памяти, а также отражающая зону ближайшего развития этого когнитивного признака, становится возможна благодаря автоматизированному правилу прерывания теста и должна находиться в фокусе внимания, в том числе школьных психологов.

Еще один показатель выполнения теста зрительно-пространственной рабочей памяти «Последовательности» практически не принимается во внимание исследователями — эффективность, которая рассчитывается как частное между количеством правильных ответов и количеством предложенных для воспроизведения последовательностей. Этот показатель отражает, по сути, процент правильных решений, который может быть тождественным у респондента с общим количеством 4 или 10 выполненных заданий при условии 100% правильно выполненных заданий, тем самым нивелируя возрастные ограничения при анализе исследовательских данных. В то же время эффективность может быть различной при тождестве общего количества выполненных заданий или правильно выполненных заданий, при этом открывая возможность оценить способность школьника достигать результата, наилучшим образом используя имеющиеся когнитивные ресурсы (Pollé et al., 2025).

Следовательно, измерение зрительно-пространственной рабочей памяти на основе трех показателей выполнения теста «Последовательности» — количества правильно выполненных заданий, общего количества выполненных заданий и процента правильных решений от общего количества — открывает возможность расширить представление о точности, объеме и эффективности функционирования этого важнейшего для школьного образования когнитивного признака.

Действительно, согласно исследованиям зрительно-пространственная рабочая память лежит в основе индивидуальных различий в школьном обучении (Tikhomirova, Malykh, Malykh, 2020a; Qazizadeh, 2022; Sankalaite et al., 2023; Swanson, Orosco, Reed, 2025). Согласно метаанализам, до 37% дисперсии индивидуальных различий в успешности обучения математике объясняется когнитивными фенотипами, включая, в том числе, зрительно-пространственную рабочую память, измеренную тестом «Последовательности» (Allen, Higgins, Adams, 2019). При этом в исследованиях сообщается об изменчивости взаимосвязи между когнитивным развитием и учебными достижениями, которая часто зависит от вида учебного результата (Macchitella et al., 2023; Allen, Higgins, Adams, 2019) и возрастных особенностей школьников или уровня общего образования (Tikhomirova, Malykh, Malykh, 2020b; Davidson et al., 2023). В исследованиях с участием российских школьников отмечается, что более тесные взаимосвязи получены на выборках школьников начального уровня по сравнению с основным уровнем, а также при оценке успешности обучения в виде стандартизированных заданий в рамках экзаменационных и проверочных работ, а не с помощью годовых оценок (Allen, Higgins, Adams, 2019; Tikhomirova, Malykh, Malykh, 2020a). Вместе с тем, в этих исследованиях зрительно-пространственная рабочая память традиционно из-



мерялась только на основе показателя точности выполнения теста «Последовательности». Введение в исследование трех показателей теста зрительно-пространственной рабочей памяти «Последовательности» снимет методические ограничения при использовании этого теста и позволит получить новые данные о взаимосвязи когнитивного развития и обучения в разные периоды общего образования.

В настоящем исследовании ставится цель определить показатель выполнения теста зрительно-пространственной рабочей памяти «Последовательности», в наибольшей мере связанный с учебными результатами школьников, завершающих начальный и основной уровень общего образования. В фокусе внимания оказываются, с одной стороны, показатели выполнения теста зрительно-пространственной рабочей памяти «Последовательности» — точность, объем и эффективность, а с другой стороны — учебные результаты по математике в виде стандартизированных заданий и оценок учителей. Ученики IV и IX классов, завершающие начальный и основной уровень общего образования соответственно, являются теми категориями обучающихся, образовательные результаты которых оцениваются одновременно и учительскими оценками, и с помощью стандартизированных заданий в рамках Всероссийской проверочной работы и Основного государственного экзамена.

Предполагается, что степень взаимосвязи каждого из трех анализируемых показателей выполнения теста зрительно-пространственной рабочей памяти «Последовательности» с учебными результатами по математике будет опосредована возрастными особенностями школьников (IV или IX классы) и окажется специфичной для вида образовательного результата (экзамены или оценки).

Материалы и методы

Выборка

В исследовании приняло участие 505 учеников IV классов в возрасте от 10,1 до 11,7 года (среднее значение 10,8, стандартное отклонение 0,4; 50,4% девочек) и 496 учеников IX классов в возрасте от 15,7 до 17,1 года (среднее значение 15,8, стандартное отклонение 0,4; 50,1% девушек) из одной общеобразовательной организации.

Методика

В исследовании использовался компьютеризированный тест зрительно-пространственной рабочей памяти «Последовательности» (“Corsi Block Test”, Tikhomirova, 2017; Farrell Pagulayan et al., 2006).

В тесте фиксировались следующие показатели: количество правильно выполненных последовательностей по тесту без учета уровня сложности (в диапазоне от 0 до 12) и количество последовательностей, которое было предложено участнику для воспроизведения (от 2 до 12). Кроме того, был рассчитан показатель эффективности как частное между количеством правильных ответов и количеством предложенных для воспроизведения последовательностей (от 0,00 до 1,00).

Процедура

Все участники исследования выполнили тест «Последовательности» в конце учебного года (апрель) под наблюдением исследователя в кабинете информатики. Информированные



согласия на участие их ребенка в исследовании были подписаны одним из родителей до начала выполнения теста и сбора данных об успеваемости. Четвертные оценки по математике и баллы Всероссийской проверочной работы (для IV классов), а также четверные оценки по алгебре и геометрии и баллы Основного государственного экзамена по математике (для IX классов) были зафиксированы по завершении учебного года.

Результаты

В исследовании анализируются показатели зрительно-пространственной рабочей памяти у школьников IV и IX классов — количество правильно выполненных заданий в тесте «Последовательности», количество заданий, которые были предложены для выполнения, с указанием уровня сложности (4, 5, 6, 7, 8 или 9 блоков в задании), а также эффективность выполнения теста. В качестве результатов учебной деятельности рассматривались оценки учителя по математике (IV классы) или алгебре и геометрии (IX классы), а также баллы Всероссийской проверочной работы (IV классы) и Основного государственного экзамена (IX классы) по математике.

В табл. 1 представлены средние значения и стандартные отклонения (в скобках) анализируемых показателей зрительно-пространственной рабочей памяти и учебных результатов у школьников IV и IX классов.

Таблица 1 / Table 1

**Описательные статистики показателей зрительно-пространственной рабочей
памяти и учебных результатов у школьников IV и IX классов**
**Descriptive statistics for visual-spatial working memory and academic performance
in fourth and ninth grade schoolchildren**

Показатель / Indicator	Школьники IV классов / 4 th Grade schoolchildren	Школьники IX классов / 9 th Grade schoolchildren
<i>Зрительно-пространственная рабочая память / Visual-spatial working memory</i>		
Точность / Accuracy	3,74 (1,7)	5,73 (2,1)
Объем / Capacity	6,79 (2,3)	8,95 (2,3)
Эффективность / Efficiency	0,52 (0,2)	0,62 (0,1)
<i>Учебные результаты / Academic performance</i>		
Всероссийская проверочная работа по математике / All-Russian test in Math	13,06 (2,3)	—
Основной государственный экзамен по математике / Basic State Exam in Mathematics	—	20,11 (4,5)
Оценка по математике / Math score	4,2 (0,6)	—
Оценка по алгебре / Algebra score	—	3,8 (0,6)
Оценка по геометрии / Geometry score	—	3,9 (0,7)

Согласно табл. 1 средние значения всех анализируемых показателей зрительно-пространственной рабочей памяти — точности, объема и эффективности — у школьников IX классов превышают аналогичные показатели школьников IV классов, но в различной степени.

Так, в наибольшей мере (более чем в 1,5 раза) различается количество правильно выполненных заданий по тесту «Последовательности», что подтверждается результатами ана-



лиза сравнения средних по t-критерию Стьюдента ($t = -10,97$; $p = 0,000$; Cohen's $d = 1,04$). Высокая прямо пропорциональная зависимость точности выполнения заданий теста зрительно-пространственной рабочей памяти «Последовательности» от года школьного обучения неоднократно подтверждалась в исследованиях с участием учеников начальных и старших классов (в частности, Tikhomirova, Malykh, Malykh, 2020a).

В несколько меньшей мере различаются между школьниками IV и IX классов средние значения общего количества заданий, которые были предложены им для выполнения, исходя из индивидуальных возможностей объема рабочей памяти ($t = -10,22$; $p = 0,000$; Cohen's $d = 0,89$). Согласно данным табл. 1, объем зрительно-пространственной рабочей памяти, как и показатель точности, зависит от года обучения: чем выше год обучения, тем более сложные задания, с большим количеством элементов для воспроизведения, может выполнить школьник. Вместе с тем, несмотря на различия средних, именно для показателя общего количества выполненных заданий характерно тождество диапазона вариативности — от 2 до 12 заданий на обеих возрастных выборках школьников (IV и IX классы). Кроме того, анализ процентного распределения школьников в соответствии с общим количеством выполняемых заданий показал, что на обеих возрастных выборках одной из самых многочисленных групп является группа школьников, которым было предъявлено 8 заданий, из которых два крайних задания содержат по 7 блоков для запоминания (34,5% среди IV классов и 25,6% среди IX классов). Эти результаты свидетельствуют о существовании больших индивидуальных различий в объеме зрительно-пространственной рабочей памяти наряду с возрастными особенностями.

В наименьшей мере различается показатель эффективности выполнения теста зрительно-пространственной рабочей памяти «Последовательности» ($t = -6,98$; $p = 0,000$; Cohen's $d = 0,61$). Следовательно, несколько более эффективными оказываются школьники IX классов, которые в среднем правильно выполняют больший процент заданий от общего количества выполненных в тесте заданий.

Взаимосвязи показателей зрительно-пространственной рабочей памяти и учебных результатов по математике

Результаты корреляционного анализа между тремя показателями зрительно-пространственной рабочей памяти — точности, объема и эффективности — показали сходство взаимосвязей между ними на обеих возрастных выборках (IV и IX классы). Так, самый высокий коэффициент корреляции был получен между общим количеством выполненных заданий и правильно выполненных заданий ($r = 0,90$; $p < 0,01$). Наименее тесной ($0,61 < r < 0,64$; $p < 0,01$) оказалась взаимосвязь между эффективностью и общим количеством выполненных заданий.

Корреляционный анализ был применен для изучения взаимосвязей трех показателей зрительно-пространственной рабочей памяти — точности, объема и эффективности — с учебными результатами учеников IV и IX классов. В табл. 2 представлены коэффициенты корреляции Спирмена между анализируемыми показателями зрительно-пространственной рабочей памяти и учебных результатов по математике, основанных на оценках учителя (IV и IX классы), а также баллах Всероссийской проверочной работы (IV классы) и Основного государственного экзамена (IX классы).



Таблица 2 / Table 2

**Взаимосвязь показателей зрительно-пространственной рабочей памяти
и учебных результатов у школьников IV и IX классов**
**Relationships between visual-spatial working memory and academic performance
in fourth and ninth grade schoolchildren**

	IV классы / 4 th Grades		IX классы / 9 th Grades		
	Всероссийская проверочная работа / All- Russia test	Оценка по математике / Math score	Основной государственный экзамен / Basic State Exam	Оценка по алгебре / Algebra score	Оценка по геометрии / Geometry score
Точность / Accuracy	0,53**	0,42**	0,29**	0,29**	0,26**
Объем / Capacity	0,46**	0,35**	0,21*	0,23**	0,18*
Эффективность / Efficiency	0,38**	0,34**	0,36**	0,36**	0,34**

Примечание: «**» — $p < 0,01$; «*» — $p < 0,05$.

Note: «**» — $p < 0,01$; «*» — $p < 0,05$.

Согласно данным табл. 2 на выборке учеников IV классов для показателей точности и объема наблюдаются более тесные взаимосвязи с учебными результатами. Так, коэффициенты корреляции у школьников IV классов достигают значений до 0,53, превышая аналогичные показатели в 1,4–1,8 раза на выборке школьников IX классов (например, 0,53 против 0,29). При этом на выборке IV классов показатели точности и объема в большей мере взаимосвязаны с результатом стандартизированных государственных работ по сравнению с оценками учителя математики (например, 0,53 против 0,42). Напротив, на выборке школьников IX классов показатели точности и объема практически в равной мере взаимосвязаны с учебными результатами на основе баллов государственного экзамена, оценок учителя по алгебре и геометрии (например, 0,29, 0,29 и 0,26).

Показатель эффективности выполнения теста зрительно-пространственной рабочей памяти оказывается умеренно связанным со всеми анализируемыми учебными результатами на обеих выборках школьников — и в IV, и в IX классах. Так, коэффициенты корреляции между эффективностью и учебными результатами варьируют в диапазоне $0,34 < r < 0,38$ при $p < 0,01$, демонстрируя стабильность умеренных взаимосвязей, в том числе вне зависимости от типа учебного результата. При этом среди анализируемых показателей зрительно-пространственной рабочей памяти эффективность на выборке школьников IX классов оказывается наиболее тесно взаимосвязанной с учебными результатами, а у школьников IV классов — наименее.

*Различия в учебных результатах в зависимости от точности, объема
и эффективности выполнения теста зрительно-пространственной рабочей памяти*

Однофакторный дисперсионный анализ был применен для изучения различий учебных результатов по математике в зависимости от точности, объема и эффективности выполнения теста зрительно-пространственной рабочей памяти на выборках школьников IV и IX классов. В качестве категориального фактора выступила принадлежность к «низкой»,



«средней» или «высокой» группе на основании каждого из трех показателей зрительно-пространственной рабочей памяти. Деление на группы выполнялось в соответствии со значением ниже 25-го квантиля («низкая» группа), с 25-го по 75-й квантиль («средняя» группа) и выше 75-го квантиля («высокая» группа). В качестве зависимых переменных выступили учебные результаты — Всероссийская проверочная работа и оценка по математике у школьников IV классов, Основной государственный экзамен и оценки по алгебре и геометрии у школьников IX классов.

В сводной табл. 3 представлены результаты дисперсионного анализа различий в учебных результатах в зависимости от показателей точности, объема и эффективности выполнения теста зрительно-пространственной рабочей памяти на выборке школьников IV классов. В левой части табл. 3 приведены средние значения и стандартные отклонения (в скобках) балла Всероссийской проверочной работы и оценки по математике для «низкой», «средней» и «высокой» групп школьников относительно показателей точности, объема и эффективности зрительно-пространственной рабочей памяти. В правой части табл. 3 приведены параметры оценки различий в учебных результатах между группами школьников с различной точностью, объемом и эффективностью выполнения теста «Последовательности».

Таблица 3 / Table 3

**Результаты дисперсионного анализа различий в учебных результатах
в зависимости от показателей зрительно-пространственной рабочей памяти
на выборке школьников IV классов**
**Differences in educational outcomes depending on the indicators of visual-spatial
working memory in fourth grade schoolchildren**

Учебный результат / Academic performance	Описательные статистики для групп / Descriptive statistics for groups			Оценка групповых различий / Group differences			
	Низкая / Low	Средняя / Medium	Высокая / High	SS	F	p	η^2
<i>Точность / Accuracy</i>							
Балл Всероссийской проверочной работы / All-Russian test score	11,0 (2,7)	12,8 (2,1)	15,1 (1,5)	123,9	14,3	0,000	0,24
Оценка / Score	3,6 (0,5)	4,2 (0,6)	4,7 (0,6)	7,3	9,4	0,000	0,17
<i>Объем / Capacity</i>							
Балл Всероссийской проверочной работы / All-Russian test score	17,5 (5,1)	17,1 (5,1)	19,3 (5,2)	179,2	6,2	0,000	0,07
Оценка / Score	3,5 (0,5)	3,9 (0,6)	4,3 (0,7)	9,1	3,6	0,041	0,02
<i>Эффективность / Efficiency</i>							
Балл Всероссийской проверочной работы / All-Russian test score	10,8 (1,7)	12,9 (2,5)	14,01 (2,4)	50,1	7,1	0,000	0,09
Оценка / Score	3,8 (0,8)	4,2 (0,7)	4,4 (0,7)	4,4	5,9	0,000	0,05

Примечание: SS — сумма квадратов типа III; F — критерий Фишера; p — уровень значимости; η^2 — размер эффекта принадлежности к группе.

Note: SS — Sum of squares; F — Fisher criterion value; p — Significance level; η^2 — Effect size of group membership.



Согласно табл. 3 учебные результаты школьников IV классов статистически достоверно различаются в зависимости от каждого из трех анализируемых показателей зрительно-пространственной рабочей памяти — точности, объема и эффективности ($p < 0,05$). При этом самые большие групповые различия в учебных результатах получены относительно показателя точности — количества правильно выполненных заданий в тесте «Последовательности» ($0,17 < \eta^2 < 0,24$; $p = 0,001$). Несколько в меньшей степени проявляются различия между группами, сформированными по показателю эффективности выполнения теста зрительно-пространственной рабочей памяти: размеры эффекта составляют 5–9% дисперсии учебных результатов ($p = 0,001$). Наименьшие групповые различия в учебных результатах получены относительно показателя общего количества выполненных заданий в тесте «Последовательности» ($0,02 < \eta^2 < 0,07$; $p < 0,05$).

Множественные сравнения с поправкой Бонферонни показали, что «низкая» и «высокая» группы, сформированные на основе всех трех показателей зрительно-пространственной рабочей памяти — точности, объема и эффективности, различаются и по баллам Всероссийской проверочной работы, и по оценкам ($p < 0,001$).

Среди образовательных результатов на выборке школьников IV классов наиболее чувствительными в отношении всех анализируемых показателей зрительно-пространственной рабочей памяти оказались результаты Всероссийской проверочной работы по математике, содержащей стандартизированные задания, по сравнению с оценкой, выставленной учителем. Эти результаты подтверждают данные о большей зависимости успешности школьного обучения от уровня развития когнитивной сферы в ситуации стандартизированной проверки знаний, а не при субъективном оценивании (Macchitella et al., 2023; Allen, Higgins, Adams, 2019).

Следовательно, среди показателей выполнения теста зрительно-пространственной рабочей памяти на выборке школьников IV классов наиболее информативным для прогнозирования учебных результатов оказалась точность, при которой зафиксированы максимальные групповые различия (до 24% дисперсии учебных достижений по математике). Так, те четвероклассники, которые правильно выполняют большее количество заданий в тесте «Последовательности», достоверно лучше осваивают школьную программу по математике, что подтверждается стандартизированной проверочной работой и оценками учителя.

В сводной табл. 4 представлены результаты дисперсионного анализа различий в учебных результатах в зависимости от показателей точности, объема и эффективности выполнения теста зрительно-пространственной рабочей памяти на выборке школьников IX классов. В левой части табл. 4 приведены средние значения и стандартные отклонения (в скобках) балла Основного государственного экзамена, а также оценки по алгебре и геометрии для «низкой», «средней» и «высокой» групп школьников относительно показателей точности, объема и эффективности зрительно-пространственной рабочей памяти. В правой части табл. 4 приведены параметры оценки различий в учебных результатах между группами школьников с различной точностью, объемом и эффективностью выполнения теста «Последовательности».

Как видно из табл. 4, на выборке школьников IX классов выявлены статистически достоверные различия по учебным результатам в зависимости от всех трех показателей зрительно-пространственной памяти, но с меньшими размерами эффектов по сравнению с выборкой IV классов. Например, межгрупповые различия по оценке в зависимости от точ-



Таблица 4 / Table 4

**Результаты дисперсионного анализа различий в учебных результатах
в зависимости от показателей зрительно-пространственной рабочей памяти
на выборке школьников IX классов**
**Differences in educational outcomes depending on the indicators of visual-spatial
working memory in ninth grade schoolchildren**

Учебный результат / Academic performance	Описательные статистики для групп / Descriptive statistics for groups			Оценка групповых различий / Group differences			
	Низкая / Low	Средняя / Medium	Высокая / High	SS	F	p	η^2
<i>Точность / Accuracy</i>							
Балл Основного государственного экзамена / Basic State Exam score	18,7 (0,9)	19,9 (0,5)	22,2 (0,7)	200,6	5,1	0,007	0,05
Оценка по алгебре / Algebra score	3,6 (0,1)	3,9 (0,1)	4,2 (0,1)	5,3	6,7	0,002	0,05
Оценка по геометрии / Geometry score	3,6 (0,1)	3,8 (0,1)	4,2 (0,1)	4,2	5,4	0,006	0,05
<i>Объем / Capacity</i>							
Балл Основного государственного экзамена / Basic State Exam score	19,0 (4,2)	20,3 (4,3)	21,7 (5,4)	77,5	2,7	0,03	0,04
Оценка по алгебре / Algebra score	3,6 (0,5)	3,8 (0,6)	4,1 (0,7)	3,4	4,2	0,02	0,05
Оценка по геометрии / Geometry score	3,6 (0,5)	3,8 (0,6)	4,0 (0,7)	2,9	3,8	0,03	0,05
<i>Эффективность / Efficiency</i>							
Балл Основного государственного экзамена / Basic State Exam score	18,7 (4,4)	20,3 (4,3)	21,9 (4,5)	154,7	5,9	0,01	0,09
Оценка по алгебре / Algebra score	3,7 (0,6)	3,9 (0,7)	4,3 (0,7)	4,0	5,7	0,01	0,10
Оценка по геометрии / Geometry score	3,7 (0,6)	3,8 (0,7)	4,2 (0,7)	3,9	6,1	0,01	0,10

Примечание: SS — сумма квадратов типа III; F — критерий Фишера; p — уровень значимости; η^2 — размер эффекта принадлежности к группе.

Note: SS — Sum of squares; F — Fisher criterion value; p — Significance level; η^2 — Effect size of group membership.

ности выполнения теста «Последовательности» в 5% ($p = 0,002$) обнаружены на выборке девятиклассников, а на выборке четвероклассников различия по аналогичному показателю достигли значения в 17% ($p < 0,01$).

При этом наибольшие групповые различия между школьниками IX классов в учебных результатах по математике получены относительно показателя эффективности выполнения теста зрительно-пространственной рабочей памяти ($0,09 < \eta^2 < 0,10$; $p = 0,01$). В меньшей степени (на уровне 5%) различаются учебные успехи в зависимости от показателей точности и объема зрительно-пространственной рабочей памяти. А наименьшие различия между школьниками получены по баллу Основного государственного экзамена в зависимости от общего количества выполненных заданий ($\eta^2 = 0,02$; $p < 0,05$).

Множественные сравнения с поправкой Бонферонни показали, что «низкая» и «высокая» группы, сформированные на основе всех трех показателей зрительно-простран-



ственной рабочей памяти — точности, объема и эффективности, различаются и по баллам Основного государственного экзамена по математике, и по оценкам ($p < 0,05$).

В отличие от данных, полученных на выборке школьников IV классов, все учебные результаты оказались в равной мере чувствительными в отношении анализируемых показателей зрительно-пространственной рабочей памяти — и баллы Основного государственного экзамена по математике, содержащего стандартизированные задания, и оценки по алгебре и геометрии, выставленные учителем. Так, различия между школьниками IX классов в зависимости от количества правильно выполненных заданий в тесте «Последовательности» оказываются идентичными для экзамена и оценок ($\eta^2 = 0,05$; $p < 0,05$). Этот результат является специфичным для выборки школьников IX классов и, возможно, отражает, возрастные особенности значения зрительно-пространственной памяти для разнообразных результатов обучения.

Следовательно, среди показателей выполнения теста зрительно-пространственной рабочей памяти на выборке школьников IX классов наиболее информативным для прогнозирования учебных результатов оказалась эффективность, при которой зафиксированы максимальные групповые различия (до 10% дисперсии учебных достижений по математике). Так, те девятиклассники, которые выполняют больший процент заданий от общего количества выполненных заданий в тесте «Последовательности», достоверно лучше осваивают школьную программу по математике, что подтверждается и государственным экзаменом, и оценками учителей по алгебре и геометрии.

Обсуждение результатов

В исследовании выполнен анализ трех возможных показателей теста зрительно-пространственной рабочей памяти «Последовательности» — количества правильно выполненных заданий, который отражает точность выполнения, общего количества выполненных заданий, свидетельствующего о возможностях школьника относительно объема памяти, а также процента правильно выполненных заданий от общего количества выполненных заданий, который характеризует его эффективность.

Описательные статистики и сравнение средних значений для всех анализируемых показателей выполнения школьниками теста зрительно-пространственной рабочей памяти «Последовательности» — точности, объема и эффективности — свидетельствуют о статистически достоверных возрастных различиях. При этом обнаружена возрастная специфика проявления каждого из анализируемых показателей, связанная с масштабом различий между школьниками IV и IX классов.

Так, по показателю точности эти возрастные группы школьников различаются в наибольшей мере, а по показателю эффективности — в наименьшей степени с преимуществом учеников IX классов. Эти данные, прежде всего в части точности, подтверждаются результатами многочисленных исследований зрительно-пространственной памяти с участием респондентов школьного возраста (например, Tikhomirova, Malykh, Malykh, 2020b). В частности, сообщается о нелинейном изменении показателя количества правильно выполненных заданий в зависимости от года обучения в школе (Tikhomirova, Malykh, Malykh, 2020b; Davidson et al., 2023).

По показателю объема получены несколько меньшие межгрупповые различия, но именно для этого показателя выполнения теста зрительно-пространственной рабочей па-



мноти «Послелователъности» зафиксированы большие индивидуальные различия. Так, диапазон вариативности общего количества выполненных заданий оказывается тождественным у школьников IV и IX классов и характеризуется полным перекрытием. Кроме того, анализ процентного распределения в обеих группах школьников (IV и IX классы) показал, что одной из двух самых многочисленных групп является группа школьников, которым удалось выполнить 8 заданий, содержащих по 7 блоков для запоминания. Этот показатель выполнения теста «Послелователъности» может быть интерпретирован в контексте зоны ближайшего развития — «что сможет» — относительно изменения зрительно-пространственной рабочей памяти (Выготский, 2006).

По показателю эффективности, рассчитанному как частное между правильными решениями и общим количеством выполненных заданий, получены наименьшие возрастные различия, что может быть связано с универсальностью показателя, отражающего возможность человека любого возраста наилучшим образом использовать имеющиеся когнитивные ресурсы для достижения результата (Qazizadeh, 2022; Sankalaite et al., 2023).

Результаты корреляционного анализа выявили своеобразие во взаимосвязях зрительно-пространственной рабочей памяти с учебными результатами в зависимости от конкретного показателя выполнения теста «Послелователъности» — точности, объема или эффективности. При этом обнаружены сходные тенденции для показателей точности и объема зрительно-пространственной рабочей памяти, но не для показателя эффективности. В частности, количество правильно выполненных заданий и общее количество выполненных заданий, характеризующих точность и объем соответственно, обнаружили более тесные взаимосвязи с учебными результатами по математике у школьников IV классов по сравнению с учениками IX классов. Такая тенденция к ослаблению роли показателей когнитивного развития при обучении в целом, и зрительно-пространственной рабочей памяти в частности, в ходе общего образования подтверждается рядом исследований (например, Tikhomirova, Malykh, Malykh, 2020a). Следует отметить, что вид учебного результата — экзамен или учительская оценка — оказывается значимым в контексте связи с точностью и объемом зрительно-пространственной рабочей памяти. В частности, показана более тесная связь со стандартизированными заданиями Всероссийской проверочной работы по сравнению с оценкой учителя по математике. Следует особо отметить, что вид учебного результата может изменять степень взаимосвязи только у школьников начального уровня образования, но не на основном уровне, где и балл Основного государственного экзамена, и учительская оценка практически в равной мере связаны с точностью и объемом зрительно-пространственной рабочей памяти. Сходные результаты получены при проведении дисперсионного анализа, когда на начальном уровне получены максимальные межгрупповые различия по стандартизированным учебным заданиям, а не по оценкам учителей. Эти данные, свидетельствующие о необходимости принимать во внимание тот или иной критерий успешности в школьном обучении на разных уровнях общего образования, подтверждаются результатами систематического обзора с участием школьников от 5 до 16 лет (Allen, Higgins, Adams, 2019).

Для показателя эффективности выполнения теста «Послелователъности» выявлена иная тенденция во взаимосвязях с учебными результатами. В частности, обнаружены умеренные связи, которые демонстрируют стабильность от начального к основному уровню общего образования и не изменяются в зависимости от вида учебного результа-



та. Эти данные «делают» показатель эффективности универсальным для использования при измерении зрительно-пространственной памяти на всем протяжении общего образования.

Результаты дисперсионного анализа, последовательно проведенного для каждого из показателей теста зрительно-пространственной рабочей памяти «Последовательности», свидетельствуют о различной степени их «чувствительности» к учебным результатам школьников IV и IX классов. В частности, анализ различий в зависимости от точности, объема и эффективности выполнения теста зрительно-пространственной рабочей памяти выявил специфику, обусловленную уровнем общего образования.

Так, среди школьников, завершающих начальный уровень общего образования, наибольшие межгрупповые различия в учебных результатах получены в зависимости от показателя точности выполнения теста зрительно-пространственной рабочей памяти, а не от объема и эффективности. При этом с помощью показателя точности объяснено до 24% дисперсии учебных результатов. Показано, в частности, что четвероклассники, которые отличаются высокой точностью выполнения теста «Последовательности», значимо лучше выполняют Всероссийскую проверочную работу по математике и имеют более высокие оценки, чем их сверстники с низкой точностью. Эти результаты соотносятся с данными исследования с участием российских школьников, когда крайние группы в соответствии с уровнем развития рабочей памяти статистически достоверно различаются по стандартизированным математическим заданиям (Тихомирова и др., 2013).

Иные данные получены на выборке школьников, завершающих основное общее образование. Так, наибольшие различия в учебных результатах по математике получены между группами девятиклассников в зависимости от показателя эффективности с размером эффекта до 10%. Показано, в частности, что девятиклассники, которые отличаются высокой эффективностью при выполнении теста зрительно-пространственной рабочей памяти, независимо от общего количества выполненных и правильно выполненных заданий, демонстрируют более высокие баллы Основного государственного экзамена и учительские оценки по алгебре и геометрии. Эти результаты соответствуют исследовательским данным о значении эффективности выполнения тестовых заданий, когда на первый план выходят не количественные показатели выполнения, а именно соотношение правильных решений и общего количества решаемых заданий (например, Swanson, Orosco, Reed, 2025).

Таким образом, одновременный анализ трех показателей выполнения теста зрительно-пространственной рабочей памяти «Последовательности» во взаимосвязи с учебными результатами школьников позволил оценить преимущества и увидеть ограничения каждого из показателей — точности, объема и эффективности — на выборках школьников IV и IX классов. В ходе исследования зафиксированы различия в степени взаимосвязи каждого из трех тестовых показателей зрительно-пространственной рабочей памяти с учебными результатами по математике, описаны возрастные особенности этой взаимосвязи в соответствии с начальным и основным уровнями общего образования, а также показана степень ее зависимости от вида учебного результата.

Заключение

В исследовании впервые проанализированы три показателя выполнения школьниками теста зрительно-пространственной рабочей памяти «Последовательности» — точ-



ность, объем и эффективность — в контексте образовательных результатов по математике при завершении начального и основного уровней общего образования. Результаты данного исследования, в части большей или меньшей связи каждого из трех возможных показателей теста «Последовательности» с учебными успехами, свидетельствуют о необходимости пристального внимания исследователей и практиков образования не только традиционно к количеству правильных ответов по тесту, но и к общему количеству выполненных заданий, что открывает зону ближайшего развития зрительно-пространственной рабочей памяти, а также к соотношению правильных решений к общему количеству заданий, оценивающему эффективность деятельности ученика.

Результаты исследования позволили сформулировать следующие основные выводы:

1. Для трех показателей выполнения теста зрительно-пространственной рабочей памяти «Последовательности» — точности (количество правильно выполненных заданий), объема (общее количество выполненных заданий) и эффективности (процент правильно выполненных заданий от общего количества выполненных заданий) — характерна возрастная специфика проявления. Так, наибольшие возрастные особенности зафиксированы для точности выполнения, а наименьшие — для эффективности с неизменным преимуществом учеников, завершающих основной уровень общего образования. Для показателя объема зрительно-пространственной рабочей памяти наряду с возрастными особенностями наблюдаются большие индивидуальные различия, подтверждающиеся тождеством диапазона вариативности общего количества выполненных заданий у школьников IV и IX классов.

2. Степень взаимосвязи показателей точности и объема зрительно-пространственной рабочей памяти с учебными результатами школьников обратно пропорциональна году обучения: более тесные корреляционные связи наблюдаются у школьников, завершающих начальный уровень общего образования. При этом только у школьников начального уровня образования вид учебного результата может изменять степень взаимосвязи: точность и объем зрительно-пространственной рабочей памяти в большей мере связаны с баллом проверочной работы по математике, содержащей стандартизированные задания, чем с оценками учителей. Напротив, взаимосвязи показателя эффективности выполнения теста зрительно-пространственной рабочей памяти с учебными результатами являются стабильными у школьников IV и IX классов и не зависят от вида образовательного результата.

3. Три показателя выполнения теста зрительно-пространственной рабочей памяти «Последовательности» — точность, объем и эффективность — оказываются в разной степени связанными с учебными результатами по математике на этапе завершения начального и основного уровня общего образования. Так, среди школьников IV классов наибольшие межгрупповые различия в учебных результатах получены в зависимости от показателя точности с размером эффекта до 24%, а среди школьников IX классов — от показателя эффективности с размером эффекта до 10%. При этом школьники «высокой» группы по тесту зрительно-пространственной рабочей памяти достоверно лучше справляются со школьной программой по математике, что подтверждается и государственным экзаменом, и оценками учителей.

Перспективы исследования связаны с организацией лонгитюдного исследования на всем протяжении общего образования, или, по крайней мере, повторного измерения, для понимания причинно-следственных связей между показателями зрительно-пространственной рабочей памяти и учебными результатами школьников.



Ограничения. Кросс-секционный дизайн данного исследования не дает возможности выполнить перекрестно-лонгитюдный анализ, который может протестировать каждый из трех возможных показателей выполнения теста зрительно-пространственной рабочей памяти «Последовательности» в IV классе в качестве раннего маркера дальнейших учебных результатов в IX классе.

Limitations. The cross-sectional design of this study prevents us from conducting a cross-longitudinal analysis, which would enable testing whether any of the three performance indicators of visual-spatial working memory (accessed via the “Corsi Block Test” in Grade IV) can act as early predictors of later educational outcomes in Grade IX.

Список источников / References

1. Выготский, Л.С. (2006). *Психология развития человека*. М.: Смысл. Vygotsky, L.S. (2006). *Psychology of human development*. Moscow: Smysl. (In Russ.).
2. Тихомирова, Т.Н., Малых, С.Б., Богомаз, С.А., Суднева, О.Ю., Ковас, Ю.В. (2013). Пространственное мышление и память у старшеклассников с различным уровнем математической беглости. *Теоретическая и экспериментальная психология*, 6(4), 99–109. Tikhomirova, T.N., Malykh, S.B., Bogomaz, S.A., Sudneva, O.Yu., Kovas, Yu.V. (2013). Spatial thinking and working memory in schoolchildren with different levels of mathematical fluency. *Theoretical and Experimental Psychology*, 6(4), 99–109. (In Russ.).
3. Allen, K., Higgins, S., Adams, J. (2019). The relationship between visuospatial working memory and mathematical performance in school-aged children: A systematic review. *Educational Psychology Review*, 31, 509–531. <https://doi.org/10.1007/s10648-019-09470-8>
4. Atkinson, S.J., Martin, C.R. (2022). Early detection of risk of reading difficulties using a working memory assessment battery. *British Educational Research Journal*, 48(6), 1183–1197. <https://doi.org/10.1002/berj.3821>
5. Davidson, C., Shing, Y.L., McKay, C., Rafetseder, E., Wijekumar, S. (2023). The first year in formal schooling improves working memory and academic abilities. *Developmental Cognitive Neuroscience*, 60, 101205. <https://doi.org/10.1016/j.dcn.2023.101205>
6. Farrell Pagulayan, K., Busch, R.M., Medina, K.L., Bartok, J.A., Krikorian, R. (2006). Developmental normative data for the Corsi Block-tapping task. *Journal of clinical and experimental neuropsychology*, 28(6), 1043–1052. <https://doi.org/10.1080/13803390500350977>
7. Macchitella, L., Tosi, G., Romano, D.L., Iaia, M., Vizzi, F., Mammarella, I.C., Angelelli, P. (2023). Visuo-spatial working memory and mathematical skills in children: a network analysis study. *Behavioral Sciences*, 13(4), 294. <https://doi.org/10.3390/bs13040294>
8. Pollé, S., Sankalaite, S., Huizinga, M., McClelland, M., Spilt, J.L., Baeyens, D. (2025). Teacher-student interactions as a pathway to strengthen working memory in primary school students: a microtrial study protocol. *Frontiers in Education*, 10, 1528805. <https://doi.org/10.3389/feduc.2025.1528805>
9. Qazizadeh, F. (2022). The functional role of working memory, visual-spatial and processing speed in predicting the academic performance of children with special mathematical learning disorder. *Journal of Learning Disabilities*, 12(1), 73–84. <https://doi.org/10.22098/JLD.2022.11113.2029>
10. Sankalaite, S., Huizinga, M., Warreyn, P., Dewandeleer, J., Baeyens, D. (2023). The association between working memory, teacher-student relationship, and academic performance in primary school children. *Frontiers in Psychology*, 14, 1240741. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2023.1240741>
11. Swanson, H.L., Orosco, M.J., Reed, D.K. (2025). The mathematical word problem-solving performance gap between children with and without math difficulties: does working memory mediate and/or moderate treatment effects? *Child Neuropsychology*, 31(3), 391–427. <https://doi.org/10.1080/09297049.2024.2382202>
12. Tikhomirova, T. (2017). Spatial thinking and memory in Russian high school students with different levels of mathematical fluency. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 237, 1260–1264. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2017.02.204>



13. Tikhomirova, T., Malykh, A., Malykh, S. (2020a). Predicting academic achievement with cognitive abilities: Cross-sectional study across school education. *Behavioral sciences*, 10(10), 158. <https://doi.org/10.3390/bs10100158>
14. Tikhomirova, T.N., Malykh, A.S., Malykh, S.B. (2020b). Visuospatial working memory development across years of schooling. *Psychology in Russia: State of the Art*, 13(4), 207–222.
15. Živković, M., Pellizzoni, S., Mammarella, I.C., Passolunghi, M.C. (2023). The relationship between math anxiety and arithmetic reasoning: The mediating role of working memory and self-competence. *Current Psychology*, 42(17), 14506–14516. <https://doi.org/10.1007/s12144-022-02765-0>

Информация об авторе

Татьяна Николаевна Тихомирова, доктор психологических наук, академик РАО, ведущий научный сотрудник, Федеральный научный центр психологических и междисциплинарных исследований (ФГБНУ «ФНЦ ПМИ»), Москва, Российская Федерация, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6748-763X>, e-mail: tikho@mail.ru

Information about the author

Tatiana N. Tikhomirova, Sc.D. (Psychology), Academician of the Russian Academy of Education, Leading Researcher, Federal Scientific Center for Psychological and Interdisciplinary Research, Moscow, Russian Federation, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6748-763X>, e-mail: tikho@mail.ru

Конфликт интересов

Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The author declares no conflict of interest.

Декларация об этике

Исследование было рассмотрено и одобрено Этическим комитетом ФГБНУ «Психологический институт Российской академии образования» (проект № 2016/2-12).

Ethics statement

The study was reviewed and approved by the Ethics Committee of the Psychological Institute of Russian Academy of Education (project No. 2016/2-12).

Поступила в редакцию 06.05.2025

Received 2025.05.06

Поступила после рецензирования 30.10.2025

Revised 2025.10.30

Принята к публикации 30.10.2025

Accepted 2025.10.30

Опубликована 30.12.2025

Published 2025.12.30