

Мир науки. Педагогика и психология / World of Science. Pedagogy and psychology <https://mir-nauki.com>

2024, Том 12, № 5 / 2024, Vol. 12, Iss. 5 <https://mir-nauki.com/issue-5-2024.html>

URL статьи: <https://mir-nauki.com/PDF/103PSMN524.pdf>

5.3.4. Педагогическая психология, психодиагностика цифровых образовательных сред (психологические науки)

Ссылка для цитирования этой статьи:

Персиянцева, С. В. Исследование рабочей памяти в обучении: традиционные и инновационные подходы / С. В. Персиянцева, Т. В. Адамович, Ю. А. Маракшина, В. И. Исмагуллина // Мир науки. Педагогика и психология. — 2024. — Т. 12. — № 5. — URL: <https://mir-nauki.com/PDF/103PSMN524.pdf>

For citation:

Persiyantseva S.V., Adamovich T.V., Marakshina Ju.A., Ismatullina V.I. Research on working memory in learning: traditional and innovative approaches. *World of Science. Pedagogy and psychology*. 2024;12(5): 103PSMN524. Available at: <https://mir-nauki.com/PDF/103PSMN524.pdf> (In Russ., abstract in Eng.)

УДК 159.9

Персиянцева Светлана Владимировна

ФГБНУ «Федеральный научный центр психологических и междисциплинарных исследований», Москва, Россия

Старший научный сотрудник

Кандидат психологический наук

E-mail: perssvetlana@yandex.ru

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8158-5415>

РИНЦ: https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=712596

WoS: <https://www.webofscience.com/wos/author/record/A-9149-2017>

Адамович Тимофей Валерьевич

ФГБНУ «Федеральный научный центр психологических и междисциплинарных исследований», Москва, Россия

Младший научный сотрудник

E-mail: tadamovich11@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1571-9192>

РИНЦ: https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=1071681

WoS: <https://www.webofscience.com/wos/author/record/W-9175-2019>

Маракшина Юлия Александровна

ФГБНУ «Федеральный научный центр психологических и междисциплинарных исследований», Москва, Россия

Научный сотрудник

Кандидат психологических наук

E-mail: retalika@yandex.ru

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7559-9148>

РИНЦ: https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=899298

WoS: <https://www.webofscience.com/wos/author/record/R-6453-2016>

Исмагуллина Виктория Игоревна

ФГБНУ «Федеральный научный центр психологических и междисциплинарных исследований», Москва, Россия

Ведущий научный сотрудник

Кандидат психологический наук

E-mail: victoria2686@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5096-4313>

РИНЦ: https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=637258

WoS: <https://www.webofscience.com/wos/author/record/D-9656-2014>

SCOPUS: <https://www.scopus.com/authid/detail.url?authorId=57191996544>

**Исследование рабочей памяти
в обучении: традиционные и инновационные подходы**

Аннотация. В статье представляется всесторонний обзор традиционных и современных моделей рабочей памяти, подчёркивающий их эволюцию и значимость в когнитивной психологии. Классические теории, такие как многокомпонентная модель Бэддели и Хитча, сравниваются с новейшими интегративными подходами, охватывающими сложные аспекты рабочей памяти в прикладных контекстах. Особое внимание уделено взаимодействию между рабочей и пространственной памятью, а также различиям между вербальными и пространственными задачами, которые играют ключевую роль в понимании когнитивных процессов. В статье исследуется связь между рабочей памятью и академическими достижениями, с указанием на то, что студенты с более высоким объёмом рабочей памяти часто демонстрируют лучшие результаты в таких предметах, как математика и понимание текста. Также рассматриваются индивидуальные различия в объёме рабочей памяти, обусловленные когнитивными способностями, влияющими на общую когнитивную продуктивность.

Анализируются адаптивные возможности, гибкость и ограничения рабочей памяти в образовательных условиях. Показано, что адаптация учащихся к учебным задачам требует рационального распределения когнитивных ресурсов, что позволяет концентрироваться на ключевых элементах. Гибкость рабочей памяти способствует применению знаний в различных учебных контекстах и развитию критического мышления, особенно в условиях коллективного взаимодействия. Метакогнитивная точность и контекстуальная привязка помогают учащимся распределять когнитивные ресурсы более осознанно, что, в свою очередь, поддерживает управление образовательными стратегиями и улучшение академических результатов.

Авторы подчёркивают значимость всестороннего понимания рабочей памяти, что имеет важное значение для разработки подходов, направленных на эффективное использование когнитивных ресурсов в образовательном процессе.

Ключевые слова: рабочая память; пространственная рабочая память; обучение; академические достижения; индивидуальные различия; когнитивные ресурсы; когнитивная психология

Введение

В когнитивной психологии концепция рабочей памяти занимает центральное место в понимании сложных процессов, лежащих в основе человеческого мышления и поведения. Рабочая память, отвечающая за временное хранение и обработку информации [1], играет ключевую роль в широком спектре когнитивных задач: от чтения, понимания текста [2] и математических задач [3] до планирования, принятия решений и обучения в целом.

Исследования показывают, что индивидуальные различия в рабочей памяти относительно стабильны и коррелируют с общим флюидным интеллектом [4–6], с уровнем чтения [7–11]. Различия в рабочей памяти связаны с различиями в академических достижениях, так как учащиеся с высокой рабочей памятью демонстрируют лучшие результаты в учебе, особенно в таких областях, как математика и понимание прочитанного [12–18].

Рабочая память может быть выражена с помощью разнообразных сенсорных модальностей, что позволяет обучающимся эффективно применять свои знания в различных контекстах [19]. Коуэн (2017) подчеркивает многогранность рабочей памяти, акцентируя внимание на том, как различные компоненты рабочей памяти функционируют в различных контекстах. Рабочая память не является статичной и включает в себя множество аспектов, поддерживая такие когнитивные процессы, как внимание, восприятие и исполнительные функции, которые могут влиять на учебные результаты. Важными компонентами рабочей памяти также являются когнитивный контроль и планирование [20; 21]. Когнитивный контроль представляет собой способность управлять вниманием, планировать действия и

принимать решения на основе имеющейся информации [22]. В контексте принятия решений и управления поведением рабочая память позволяет учащимся разрабатывать стратегии для достижения образовательных целей, что является важной частью планирования. Школьники и студенты могут использовать свою рабочую память для обработки информации и изменения образовательной траектории [23]. Например, учащиеся могут корректировать свои методы изучения в зависимости от задач, с которыми они сталкиваются. Они могут менять стратегии, применяя мнемонические приемы для запоминания, визуальные методы для понимания информации [24].

Коуэн и др. (2020) утверждают, что рабочую память можно модифицировать в зависимости от конкретных требований, предъявляемых к учащимся [25]. Ее емкость и эффективность не являются фиксированными чертами; скорее, они могут адаптироваться к различным когнитивным задачам и условиям обучения. Подобная адаптивность необходима для эффективного использования когнитивных ресурсов в ответ на меняющиеся ситуационные требования.

Адаптация, гибкость и ограничения рабочей памяти в образовательном процессе

Процесс адаптации в образовательных контекстах предполагает сбалансированное распределение когнитивных ресурсов. Учитывая ограниченные возможности рабочей памяти, учащиеся должны эффективно распределять свои когнитивные ресурсы в соответствии с требованиями учебной задачи. Например, во время выполнения сложных задач школьники могут больше сосредоточиться на релевантной информации, отфильтровывая отвлекающие факторы, что позволяет им эффективно управлять своей когнитивной нагрузкой [26].

Гибкость — одна из характеристик рабочей памяти, позволяющая учащимся преобразовывать информацию и применять ее в различных контекстах, адаптируясь к новым условиям обучения [27]. В условиях совместного обучения учащиеся используют эту гибкость для взаимодействия со сверстниками, обмена идеями и модификации своих способов учебной деятельности на основе коллективного вклада. Такое взаимодействие помогает более глубокому пониманию учебного материала и способствует развитию критического мышления. Гибкость рабочей памяти позволяет поддерживать независимое обучение. Самостоятельному обучению способствует эффективное управление рабочей памятью, позволяющее учащимся контролировать свои когнитивные процессы и соответствующим образом адаптировать свои стратегии. Такая адаптивность имеет решающее значение для развития автономии и метакогнитивных навыков, поскольку учащиеся учатся ставить цели, расставлять приоритеты и корректировать стратегии на основе обратной связи и требований учебной среды [28].

Обратная связь и рефлексия содействуют адаптации рабочей памяти во время обучения. Учащиеся могут улучшить свою рабочую память посредством обратной связи и размышлений о своих когнитивных стратегиях при выполнении учебных задач [29]. Анализ научных работ указывает на то, что обратная связь служит катализатором для рефлексии, позволяя учащимся критически оценивать свой учебный опыт и оперативно корректировать способы учебной работы [30]. Корректировка способов работы необходима для соответствия требованиям учебного процесса и оптимизации результатов обучения.

Активное участие в рефлексии и обратной связи, как утверждают эксперты, могут улучшить стратегии управления рабочей памятью, что, в свою очередь, способствует целенаправленному и организованному использованию когнитивных ресурсов, когнитивных аспектов саморегулирования и автономии среди обучающихся. В результате учащиеся берут на себя больше ответственности за свои образовательные траектории.

Хардман и Коуэн (2015), изучая влияние существующих ограничений рабочей памяти, отмечают о наличии трудностей с запоминанием сложных визуальных объектов [31]. Они подчеркивают, что емкость рабочей памяти напрямую влияет на когнитивную продуктивность. В частности, когда учащиеся пытаются запомнить различные характеристики или свойства объектов, их успеху препятствуют эти ограничения способностей. Выводы ученых показывают, что эти трудности с запоминанием, в первую очередь, связаны с характеристиками объектов, а не с целыми объектами. Чаще это происходит при выполнении сложных задач, требующих удержания множественных атрибутов в рабочей памяти. Одна из причин трудностей запоминания — это высокая когнитивная нагрузка. Когда когнитивные требования превышают доступный объем рабочей памяти возникают трудности при воспроизведении визуальной информации.

Мадоре и Вагнер (2022) утверждают, что способность запоминать зависит от готовности к запоминанию, что подразумевает наличие определённых ресурсов и стратегий, способствующих эффективному удержанию информации. Сложность запоминания из-за ограничений емкости рабочей памяти обусловлено превышением доступных когнитивных ресурсов рабочей памяти, отсутствие готовности к запоминанию. «Эффект готовности» определяется тем, насколько хорошо учащиеся могут адаптироваться и использовать свои когнитивные стратегии, что, в свою очередь, влияет на их способность запоминать [32].

Исследования показывают, что использование контекстуальных подсказок в обучении может улучшить результаты, позволяя учащимся более эффективно использовать свои когнитивные ресурсы. Кроме того, контекстуальная привязка может улучшить метапознание, поскольку учащиеся становятся более осведомленными о том, как и где они изучают информацию, что может помочь в планировании их учебной деятельности.

Метакогнитивная точность относится к способности индивида точно распознавать и оценивать свои когнитивные процессы, включая свое понимание, знания и стратегии обучения. Эта осведомленность позволяет учащимся оценивать, что они знают или не знают, способствуя лучшему управлению своим обучением и принятию решений в учебной деятельности.

Согласно исследованию Форсберга с соавторами (2021), развитие метакогнитивной точности в рабочей памяти происходит в процессе детства и играет важную роль в обучении. Учащиеся, обладающие высокой метакогнитивной точностью, лучше осознают свои когнитивные ограничения, что позволяет им эффективнее использовать свою рабочую память. Эта осведомленность способствует более глубокому пониманию учебного материала, адаптировать свои учебные методы на основе ситуационных требований и эффективно отслеживать свой образовательный рост [33].

Связь между метакогнитивной точностью и рабочей памятью заключается в способности точно оценивать свои возможности, что позволяет учащимся оптимально распределять свои когнитивные ресурсы. Это, в свою очередь, приводит к улучшению обработки информации и адаптации к новым учебным средам. Получая обратную связь о своей работе, учащийся может скорректировать свои образовательные стратегии, повышая как свою метакогнитивную осведомленность, так и эффективность своей рабочей памяти.

Более того, Форсберг и др. (2021) подчеркивают по мере того, как учащиеся совершенствуют свои метакогнитивные навыки, они становятся более уверенными в использовании контекстуальных подсказок для повышения емкости своей рабочей памяти, в конечном итоге улучшая академическую успеваемость.

Таким образом, метакогнитивная точность и контекстная привязка имеют решающее значение для успешного обучения, поскольку они эффективно взаимодействуют с рабочей памятью, позволяя учащимся оптимально управлять своими когнитивными ресурсами. В

частности, метакогнитивная точность усиливает когнитивные аспекты саморегуляции и облегчает распределение когнитивных ресурсов, позволяя учащимся адаптировать свои стратегии к различным контекстам за счет эффективного использования обратной связи. Это динамическое взаимодействие между метакогнитивной точностью и рабочей памятью является важным для достижения оптимальных результатов обучения, подчеркивая значимость обоих компонентов в содействии успешному образовательному опыту.

Рабочая и пространственная память: модели, функции и образовательные приложения

На протяжении десятилетий были предложены различные модели, объясняющие структуру и функцию рабочей памяти, каждая из которых внесла значительный вклад в развивающееся понимание этого важнейшего когнитивного механизма.

Одной из наиболее ранних моделей рабочей памяти является модель Бэддели и Хитча [34]. Эта модель концептуализирует рабочую память как сложную систему, состоящую из трех компонентов, каждый из которых выполняет определенные функции, при выполнении когнитивных задач [35].

Один из компонентов модели — центральный исполнительный механизм, который контролирует внимание и распределяет ресурсы между другими компонентами. Два других компонента в системе рабочей памяти — это фонологическая петля в вербальной системе (обработка вербальной информации) и визуально-пространственный блокнот для первоначальной регистрации невербального материала в визуально-пространственной системе. А. Бэддели предложил включить в модель рабочей памяти такой компонент, как эпизодический буфер. Его функция заключается в интеграции информации из различных сенсорных источников в целостное эпизодическое восприятие.

Рабочая память и пространственная рабочая память тесно взаимосвязаны, выполняя разные функции в рамках когнитивных процессов.

Пространственная рабочая память в модели Бэддели и Хитча пока не выделена как отдельный компонент рабочей памяти, но принципы, описанные в модели, применимы к обработке пространственной информации. Пространственная рабочая память рассматривается в контексте общего механизма хранения информации о местоположении и характеристиках объектов для выполнения целого ряда сложных когнитивных действий [36].

Коуэн в своей модели предложил рассматривать рабочую память как активированную часть долговременной памяти [37]. Согласно модели Коуэна, рабочая память включает в себя все те части долговременной памяти, которые в данный момент активированы и к которым можно быстро получить доступ для обработки информации. Эта модель подчеркивает роль внимания в управлении рабочей памятью, предполагая, что внимание ограничивается объемом информации, которая может быть одновременно сохранена и обработана.

Модель рабочей памяти Коуэна состоит из двух взаимодействующих компонентов: активированной части долговременной памяти и фокуса внимания. Активированная долговременная память содержит все активные в данный момент представления информации, которые могут быть использованы для решения когнитивных задач. Внимание играет ключевую роль в управлении активированными представлениями. Фокус внимания рассматривается как узкий поток информации, который определяется ограничениями ресурсов внимания и включает не более 4 ± 1 элементов одновременно [38].

Пространственная рабочая память в контексте модели Коуэна охватывает временное сохранение и манипулирование пространственной информацией, которая активируется из долговременной памяти и находится в центре внимания [39].

Современные модели рабочей памяти отходят от традиционного разделения на компоненты, связанные только с хранением и переработкой информации, и вместо этого подчеркивают различия по модальности информации. Рабочая память представляет собой модель, включающую два латентных фактора: вербально-числовой и зрительно-пространственный, которые действуют независимо от уровня нагрузки на гипотетический исполнительный компонент рабочей памяти. Это означает, что, несмотря на различную сложность задач, два основных фактора остаются стабильными и относительно независимыми друг от друга, что подтверждается современными исследованиями [40]. Гипотетический исполнительный компонент рабочей памяти представляет собой центральный исполнительный механизм, ответственный за контроль и координацию когнитивных ресурсов. Этот компонент управляет распределением внимания между различными заданиями, обработкой и кратковременным удержанием информации, а также подавлением irrelevantной информации, и является центральным элементом при выполнении сложных когнитивных задач, таких как планирование, решение проблем и переключение между различными видами информации (вербально-числовой и зрительно-пространственной).

Авторы модели визуально-вербальной интерференции в рабочей памяти [41] подчеркивают значимость понимания процессов, посредством которых рабочая память управляет несколькими типами информации (например, визуальной и вербальной), и как интерференция между этими типами информации влияет на когнитивную производительность рабочей памяти.

Основная идея модели заключается в интеграции принципов последовательного хранения элементов, таких как списки, и адаптации их для обработки визуальных и вербальных массивов. В этом контексте визуально-вербальная интерференция подразумевает взаимодействие между зрительной и вербальной информацией. Если запоминание происходит одновременно и изображения, и слова, то два типа информации могут конкурировать за ресурсы рабочей памяти, что увеличивает вероятность ошибок.

Для уменьшения числа ошибок применяется принцип ассоциации элементов с временными и пространственными метками, что облегчает их извлечение из памяти. Каждому элементу может быть присвоена определенная временная или пространственная метка, которая помогает кодировать и упорядочивать информацию для последующего извлечения. Пространственное расположение объектов становится одной из стратегий кодирования, что способствует лучшему запоминанию визуальных и вербальных элементов.

В модели подчеркивается, что пространственная рабочая память подвержена тем же механизмам интерференции, как и вербальная память. Новая информация может вытеснять ранее запомненную, но механизмы контроля, такие как внимание, помогают минимизировать эти эффекты. Это особенно важно в условиях высокой когнитивной нагрузки [42].

Ресурсная теория рабочей памяти отличается от предыдущих тем, что она предполагает динамическое перераспределение когнитивных ресурсов в зависимости от требований текущей когнитивной задачи. В исследованиях Макатир с соавторами (2023) рассматриваются аспекты распределения когнитивных ресурсов, их эффективного использования, ограничения и адаптивные возможности [43]. В задачах с полным отчетом (full report) ресурсы распределяются равномерно на все элементы, тогда как в задачах с частичным отчетом (partial report) ресурсы фокусируются на определенных элементах информации, что повышает эффективность запоминания этих элементов.

Рассмотрим классический эксперимент с запоминанием массивов букв. Участнику эксперимента показывают таблицу с несколькими рядами букв на короткий промежуток времени, например, на 50 миллисекунд. Таблица может выглядеть так, как показано на рисунке 1.

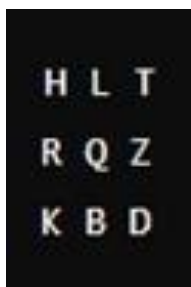


Рисунок 1. Таблица с рядами букв в эксперименте на запоминание (составлено авторами)

При полном отчете от участника требуется вспомнить и назвать все буквы, которые были представлены, что является более сложной задачей, так как рабочая память ограничена количеством информации, которую можно одновременно удерживать.

В случае частичного отчета участнику может быть дан сигнал (например, указание на конкретный ряд), и ему нужно воспроизвести только этот ряд. К примеру, если прозвучал сигнал, означающий второй ряд, участник должен воспроизвести только «R Q Z». Когнитивные ресурсы фокусируются на отдельных элементах, что повышает точность и эффективность запоминания.

Гибкость когнитивных ресурсов позволяет рабочей памяти адаптироваться в зависимости от условий задачи. Возрастание когнитивной нагрузки в рамках одной задачи приводит к снижению доступных ресурсов для выполнения других задач, что подчеркивает ограниченность ресурсов.

Эффективное распределение когнитивных ресурсов между различными мыслительными задачами, процессами и типами информации способствует снижению когнитивной нагрузки, увеличению скорости обработки данных, продуктивности при решении когнитивно-сложных задач, таких как сложные математические расчёты, логические задачи и планирование. Гибкая и адаптивная стратегия перераспределения ресурсов в рабочей памяти уменьшает количество ошибок при выполнении когнитивных операций, улучшает запоминание и обучение, особенно при работе с новыми и незнакомыми данными.

Эмпирическое подтверждение концепции разделения ресурсов рабочей памяти было получено в отечественных исследованиях, показывающих, что рабочая память использует модально-неспецифические и модально-специфические ресурсы [44]. Модально-неспецифические ресурсы управляют элементами в фокусе внимания для различных задач, включая вербальные и зрительно-пространственные. Однако при увеличении объема информации активируются модально-специфические ресурсы, что свидетельствует о существовании различных механизмов обработки данных в зависимости от модальности задания.

При выполнении вербальных задач (например, чтение и запоминание текста) модально-неспецифические ресурсы управляют первичной обработкой всей информации в фокусе внимания. По мере увеличения объема данных включаются модально-специфические ресурсы для более детальной обработки вербальных данных, таких как синтаксический разбор предложений и запоминание ключевых фактов из текста. Это позволяет разделить информацию на управляемые блоки, способствуя лучшему запоминанию и пониманию текста.

Аналогичным образом, при запоминании зрительно-пространственных объектов модально-неспецифические ресурсы отвечают за общее восприятие, но при усложнении задачи, например, при необходимости запомнить мелкие детали или точное расположение объектов в пространстве, активируются модально-специфические ресурсы зрительно-пространственной рабочей памяти.

В задачах, требующих одновременной работы с вербальной и зрительно-пространственной информацией, таких как изучение карты с описанием маршрута, модально-неспецифические ресурсы распределяются между обоими типами задач. Однако при увеличении объема данных модально-специфические ресурсы начинают обрабатывать каждый тип информации отдельно, что помогает избежать интерференции между разными модальностями.

В ряде других отечественных исследованиях показано, что функции хранения и переработки информации в рабочей памяти взаимодействуют через общие когнитивные ресурсы, которые оптимально распределяются между этими функциями. Это распределение регулируется специализированными структурами в мозге, что обеспечивает эффективную координацию процессов [45].

При увеличении когнитивной нагрузки и числа элементов наблюдаются различия в использовании когнитивных ресурсов для вербальных и зрительно-пространственных задач. В исследовании Бармина с соавторами (2022) когнитивная нагрузка подразумевала одновременное выполнение основной и дополнительной задачи. Для вербальной рабочей памяти нагрузка включала задачи на проговаривание (вербальная нагрузка), а зрительно-пространственная — задачи на теппинг (зрительно-пространственная нагрузка). Зрительно-пространственная рабочая память показала одинаковую чувствительность к обоим нагрузкам, тогда как вербальная рабочая память оказалась более восприимчивой к вербальной нагрузке [46], что подчеркивает различия в использовании ресурсов между модальностями.

Исследования эмоциональной валентности стимулов показали, что вербальная обработка проходит быстрее при восприятии позитивной информации. Хотя ожидалось, что зрительная обработка окажется эффективнее при восприятии негативных стимулов, это не подтвердилось. Дополнительный анализ не выявил предпочтений по валентности в рамках определенной модальности. Предполагается, что при сознательной обработке приоритет может отдаваться позитивной информации, в то время как при автоматической обработке эффект валентности отсутствует [47].

Таким образом, исследования Величковского и Бармина с соавторами выявляют существенные различия в распределении когнитивных ресурсов для вербальных и зрительно-пространственных задач. Например, с увеличением когнитивной нагрузки зрительно-пространственная рабочая память показывает одинаковую чувствительность как к вербальной, так и к зрительно-пространственной нагрузке, в то время как вербальная рабочая память более подвержена влиянию вербальной нагрузки. Эти различия подчеркивают вариативное распределение когнитивных ресурсов между модальностями, особенно при одновременной обработке нескольких типов информации.

Исследования Величковского с соавторами (2023) показали, что мотивационные факторы и эмоциональная валентность играют важную роль в эффективности обработки информации, особенно для вербальной памяти. Однако эти процессы в значительной степени зависят от структуры и функциональной организации рабочей памяти.

Пространственная рабочая память рассматривается как способность управлять пространственными данными [48; 49] и как когнитивный процесс, который позволяет человеку ориентироваться в окружающей среде [50]. Пространственная рабочая память также описана как специализированный компонент рабочей памяти, который участвует в решении задач, требующих точности и внимания к деталям.

Пространственная рабочая память, один из ключевых компонентов исполнительных функций, является объектом активных исследований в нейропсихологии уже несколько десятилетий. Впервые Голдман-Ракич (1987) описала пространственную рабочую память как

способность удерживать и управлять пространственной информацией для выполнения текущих задач [51]. В более поздних исследованиях Арнстен (1998) уточнил это определение, подчеркнув, что пространственная рабочая память играет важную роль в достижении поставленных целей через управление пространственными данными.

Современные исследования подтверждают, что пространственная рабочая память связана с активностью префронтальной коры и является критически важной для успешного выполнения когнитивных задач [52; 53]. Нарушения в работе префронтальной коры мозга или в нейромедиаторных системах, таких как дофаминовая, могут снижать когнитивные способности. Исследования показывают, что когнитивные тренировки способны улучшать объем рабочей памяти, оказывая позитивное влияние на функциональные и структурные изменения в мозге, особенно у детей и людей с когнитивными дефицитами.

Таким образом, рабочая память включает несколько компонентов, среди которых пространственная рабочая память оказывает значительное влияние на кратковременное хранение и обработку визуально-пространственной информации. Эта система интегрируется с другими компонентами рабочей памяти, такими как фонологическая петля, для выполнения задач, требующих координации вербальной и зрительной информации. Современные модели рабочей памяти подчеркивают важность модальности и управления ресурсами через внимание, что позволяет системе гибко перераспределять ресурсы в зависимости от уровня когнитивной нагрузки. Пространственная рабочая память расширяет возможности рабочей памяти, что подтверждается данными о ее роли в решении задач, требующих пространственного мышления и координации. Она функционирует в рамках более широкой когнитивной системы рабочей памяти, способствуя эффективному решению сложных когнитивных задач.

Заключение

Подводя результаты проведенного исследования, можно сделать несколько ключевых выводов:

1. Исследователями обсуждаются различные характеристики, рабочей памяти, необходимые для процесса обучения. Гибкость и адаптивность рабочей памяти позволяют учащимся эффективно распределять когнитивные ресурсы, адаптироваться к требованиям образовательного процесса и выбирать оптимальные стратегии для глубокого усвоения материала.
2. На основе анализа литературы можно отметить существование различных моделей, как классических, так и современных о соотношении пространственной рабочей памяти с другими видами рабочей памяти.
3. В психологии широко обсуждаются модели, основанные на функционировании модально-специфического хранилища рабочей памяти. Перспективным направлением являются психофизиологические исследования, позволяющие подтвердить либо опровергнуть наличие модально-неспецифического хранилища (в частности, на основе поиска общих ритмов ЭЭГ для хранения материала в различных модальностях).
4. Перспективной проблемой в контексте обучения является также исследование индивидуальных различий учащихся при изменении (в частности, увеличении) когнитивной нагрузки и последовательном заполнении хранилища рабочей памяти с помощью психологических и психофизиологических методов.

В целом, поддержка и развитие рабочей памяти становятся ключевыми аспектами образовательной практики, способствующими повышению академической успеваемости, формированию метакогнитивных и саморегуляционных навыков, что позволяет учащимся эффективно справляться с учебными задачами и достигать автономии в обучении.

ЛИТЕРАТУРА

1. Jonides J., Lacey S.C., Nee D.E. Processes of working memory in mind and brain // *Current Directions in Psychological Science*. — 2005. — Т 14, № 1 — С. 2–5. — DOI 10.1111/j.0963-7214.2005.00323.x.
2. Daneman M., Merikle P.M. Working memory and language comprehension: A meta-analysis // *Psychonomic Bulletin & Review*. — 1996. — Т 3, № 4 — С. 422–433. — DOI 10.3758/BF03214546.
3. Holmes J., Adams J.W. Working memory and children's mathematical skills: Implications for mathematical development and learning // *Journal of Educational Psychology*. — 2006. — Т 98, № 1 — С. 14–34. — DOI 10.1080/01443410500341056.
4. Fukuda K., Vogel E.K., Mayr U., Awh E. Quantity, not quality: The relationship between fluid intelligence and working memory capacity // *Psychonomic Bulletin & Review*. — 2010. — Т 17. — С. 673–679. — DOI 10.3758/17.5.673.
5. Dai N. The Role of Working Memory on Fluid Intelligence // *Lecture Notes in Education Psychology and Public Media*. — 2021. — Т 1, № 1. — С. 123–127. — DOI 10.54254/Inep.iceipi.2021181.
6. Ржанова И.Е., Алексеева О.С., Бурдукова Ю.А. Успешность в обучении: взаимосвязь флюидного интеллекта и рабочей памяти // *Психологическая наука и образование*. — 2020. — Т 25. — № 1. — С. 63–74. — DOI 10.17759/pse.2020250106.
7. Daneman M., Carpenter P.A. Individual differences in working memory and reading // *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*. — 1980. — Т 19, № 4 — С. 450–466. — DOI 10.1016/S0022-5371(80)90312-6.
8. Palladino P., Cornoldi C., De Beni R., Pazzaglia F. Working memory and updating processes in reading comprehension // *Memory & Cognition*. — 2001. — Т 29, № 2 — С. 344–354. — DOI 10.3758/BF03194929.
9. Nouwens S., Groen M., Verhoeven L. How working memory relates to children's reading comprehension: the importance of domain-specificity in storage and processing // *Reading and Writing*. — 2017. — Т 30, № 1. — DOI 10.1007/s11145-016-9665-5.
10. Peng P., Barnes M., Wang C., Wang W., Li S., Swanson H.L., Dardick W., Tao S.A. meta-analysis on the relation between reading and working memory // *Psychol Bull*. — 2018. — Т 144, № 1. — С. 48–76. — DOI 10.1037/bul0000124.
11. Fenellós C.B., Gil A.V., Naranjo M.P. Working memory and reading comprehension in young people with intellectual disabilities / *Observatory for Research and Innovation in Social Sciences: European Proceedings of Social and Behavioural Sciences* / In C. Salavera, P. Teruel, J.L. Antoñanzas, eds. // *European Publisher*, — 2020. — Т 84. — С. 129–135. — DOI 10.15405/epsbs.2020.05.15.
12. Gathercole S.E., Pickering S.J. Working memory deficits in children with low achievements in the national curriculum at 7 years of age // *British Journal of Educational Psychology*. — 2000. — Т 70. — С. 77–194. — DOI 10.1348/000709900158047.

13. Alloway T.P., Alloway R.G. Investigating the predictive roles of working memory and IQ in academic attainment // *Journal of Experimental Child Psychology*. — 2010. — Т 106. № 1 — С. 20–29. — DOI 10.1016/j.jecp.2009.11.003
14. Siquara G.M., Lima C. dos S., Abreu N. Working memory and intelligence quotient: Which best predicts on school achievement? // *Psico*. — 2018. — Т 49, № 4 — С. 365–374. — DOI 10.15448/1980-8623.2018.4.27943
15. Allen K., Higgins S., Adams J. The relationship between visuospatial working memory and mathematical performance in school-aged children: a Systematic Review // *Educational Psychology Review*. — 2019. — Т 31, № 2. — С. 509–531. — DOI 10.1007/s10648-019-09470-8.
16. Giofrè D., Borella E., Mammarella I.C. The relationship between intelligence, working memory, academic self-esteem, and academic achievement // *Journal of Cognitive Psychology*. — 2017. — Т 29, № 6 — С. 731–747. — DOI 10.1080/20445911.2017.1310110.
17. Stefanelli S., Alloway T.P. Mathematical skills and working memory profile of children with borderline intellectual functioning // *Journal of Intellectual Disabilities*. — 2020. — Т 24, № 3. — С. 358–366. — DOI 10.1177/1744629518821251.
18. Al-Baghdadi M.F., Ashmawy E.M.E. Working memory and its relation to achievement motivation among academically outstanding students at the faculty of education, Majmaah university // *International Journal of Childhood, Counselling, and Special Education*. — 2021. — Т 2, № 1. — С. 16–34. — DOI 10.31559/CCSE2021.2.1.2.
19. Cowan N. The many faces of working memory and short—term storage // *Psychonomic bulletin & review*. — 2017. — Т 24, № 4. — С. 1158–1170. — DOI 10.3758/s13423-016-1191-6.
20. Baddeley A.D. *Working Memory*. // London: Oxford University Press; 1986. —289 с.
21. Jonides J. Working memory and thinking // *An Invitation to Cognitive Science / In: Smith E.E., Osherson D.N., eds. // Cambridge, MA: MIT Press, 1995. — Т 3. — С. 215–265.*
22. Baddeley A. The episodic buffer: a new component of working memory? // *Trends in Cognitive Sciences*. — 2000. — Т 4. — С. 417–423. — DOI 10.1016/S1364-6613(00)01538-2.
23. Gathercole S.E., Pickering S.J. Working memory deficits in children with low achievements in the national curriculum at 7 years of age // *British Journal of Educational Psychology*. — 2000. — Т 70. — С. 77–194. — DOI 10.1348/000709900158047.
24. Hattie J.A., Timperley H.S. The Power of Feedback // *Review of Educational Research*. — 2007. — Т 77. — С. 112–81. — DOI 10.3102/0034654302984.
25. Logie R., Camos V., Cowan N. *Working memory: the state of the science*. // London: Oxford University Press; 2020. — DOI 10.1093/oso/9780198842286.001.0001.
26. Cowan N. Working memory maturation: can we get at the essence of cognitive growth? // *Perspectives on Psychological Science*. — 2016. — Т 11, № 2. — С. 239–264. — DOI 10.1177/1745691615621279.
27. Adams E., Nguyen A., Cowan N. Theories of working memory: Differences in Definition, Degree of Modularity, Role of Attention, and Purpose // *Language Speech and Hearing Services in Schools*. — 2018. — Т 49. — DOI 10.1044/2018_lshss-17-0114.

28. Miyake A., Shah P. Models of Working Memory: Mechanisms of Active Maintenance and Executive Control. // New York: Cambridge University Press; 1999. — URL: <https://archive.org/details/modelsofworkingm0000unse/page/n5/mode/2up>
29. Hattie J.A., Timperley H.S. The Power of Feedback // Review of Educational Research. — 2007. — Т 77. — С. 112–81. — DOI 10.3102/0034654302984.
30. Kleimola R., Leppisaari I. Learning analytics to develop future competences in higher education: a case study // International Journal of Educational Technology in Higher Education. — 2022. — Т 19. — С. 17. — DOI 10.1186/s41239-022-00318-w.
31. Hardman K. Cowan N. Reasoning and Memory: People Make Varied Use of the Information Available in Working Memory // Journal of experimental psychology. Learning, memory, and cognition. — 2015. — С. 42. — DOI 10.1037/xlm0000197.
32. Madore K., Wagner A. Readiness to remember: predicting variability in episodic memory // Trends in Cognitive Sciences. — 2022. — Т 26, № 8. — С. 707–723. — DOI 10.1016/j.tics.2022.05.006.
33. Forsberg A., Blume C.L., Cowan N. The development of metacognitive accuracy in working memory across childhood // Developmental psychology. — 2021. — Т 57, № 8. — С. 1297–1317. — DOI 10.1037/dev0001213.
34. Baddeley A., Hitch G. Working memory / The psychology of learning and motivation: Advances in Research and Theory / In: G.H. Bower, eds. — New York: Academic Press, 1974. — Т 8. — С. 47–89. — DOI: 10.1016/S0079-7421(08)60452-1.
35. Baddeley A. Working memory: theories, models, and controversies // Annual Review of Psychology. — 2012. — Т 63. — С. 1–29. — DOI: 10.1146/annurev-psych-120710-100422.
36. Baddeley A. Working memory: looking back and looking forward // Nature Reviews Neuroscience. — 2003. — Т 4. — С. 829–839. — DOI: 10.1038/nrn1201.
37. Cowan N. Evolving conceptions of memory storage, selective attention, and their mutual constraints within the human information-processing system // Psychological Bulletin. — 1988. — Т 104, № 2. — С. 163–191. — DOI: 10.1037/0033-2909.104.2.163.
38. Cowan N. The magical number 4 in short—term memory: a reconsideration of mental storage capacity // Behavioral and Brain Sciences. — 2001. — Т 24. — С. 87–114. — DOI: 10.1017/s0140525x01003922.
39. Cowan N. An embedded—processes model of working memory // Models of working memory: Mechanisms of active maintenance and executive control / In: A. Miyake, P. Shah, eds. — Cambridge (UK): Cambridge University Press, 1999. — С. 62–101. — DOI: 10.1017/CBO9781139174909.006.
40. Zhou Q., Jiang Z., Ding J. Reward expectation differentially modulates global and local spatial working memory accuracy // Frontiers in Psychology. — 2021. — Т 12. — DOI: 10.3389/fpsyg.2021.744400.
41. Oberauer K., Lin H-Yu. An interference model for visual and verbal working memory // Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition. — 2024. — Т 50, № 6. — С. 858–888. — DOI: 10.1037/xlm0001303
42. Oberauer K., Lin H-Yu. An interference model of visual working memory // Psychological Review. — 2017. — Т 124 — № 1. — С. 21–59. — DOI: 10.1037/rev0000044.

43. McAteer S.M., Ablott E., McGregor A., Smith D.T. Dynamic resource allocation in spatial working memory during full and partial report tasks // *Journal of Vision* February. — 2023. — Т 23, № 2. — DOI: 10.1167/jov.23.2.10.
44. Бармин А.В., Измалкова А.И., Величковский Б.Б., Прутько Г.В., Чистяков И.М. Распределение когнитивных ресурсов в рабочей памяти при вербальной и зрительно-пространственной когнитивной нагрузке // *Вопросы психологии*. — 2022. — Т 68. — № 3. — С. 148–156.
45. Величковский Б.Б. Соотношение хранения и переработки информации в рабочей памяти // *Национальный психологический журнал*. — 2016. — № 2(22). — С. 18–27. — DOI: 10.11621/npj.2016.0202.
46. Izmailkova A., Barmin A., Velichkovsky B.B., Prutko G., Chistyakov I. Cognitive Resources in Working Memory: Domain-Specific or General? // *Behavioral Sciences*. — 2022. — Т 12, № 11. — DOI: 10.3390/bs12110459.
47. Величковский Б.Б., Марченко О.П., Корнеев А.А., Чистяков И.М., Прутько Г.В. Зрительная и вербальная рабочая память при обработке эмоционально окрашенных стимулов // *Вопросы психологии*. — 2023. — Т 69, № 3. — С. 116–126.
48. Logie R.H. Visuo-spatial working memory. // Hove (UK), Hillsdale (USA): Lawrence Erlbaum Associates; Publishers, 1995. — 161 с. — URL: <https://archive.org/details/vi-suospatialwork0000logi>.
49. Arnsten A. Catecholamine modulation of prefrontal cortical cognitive function // *Trends in Cognitive Sciences*. — 1998. — Т 2, № 11. — С. 436–447.
50. Smith E.E., Kosslyn S.M. Cognitive psychology: Mind and brain. // Upper Saddle River, New Jersey: Pearson; Prentice Hall, 2007. — 610 с. — URL: <https://archive.org/details/cognitivepsychol0000smit>.
51. Goldman-Rakic P.S. Circuitry of primate prefrontal cortex and regulation of behaviour by representational memory / In: *Handbook of physiology* (Plum F., Mouncastle U., eds.). // Washington, DC: The American Physiological Society, 1987. — Т 5. — С. 373–417.
52. D'Esposito M., Postle B.R. The cognitive neuroscience of working memory // *Annual Review of Psychology*. — 2015. — Т 66. — С. 115–142. — DOI 10.1146/annurev-psych-010814-015031.
53. Constantinidis C., Klingberg T. The neuroscience of working memory capacity and training // *Nature Reviews Neuroscience*. — 2016. — Т 17, № 7. — С. 438–449. — DOI 10.1038/nrn.2016.43.

Persiyantseva Svetlana Vladimirovna

Federal Scientific Center of Psychological and Multidisciplinary Researches, Moscow, Russia
E-mail: perssvetlana@yandex.ru
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8158-5415>
RSCI: https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=712596
WoS: <https://www.webofscience.com/wos/author/record/A-9149-2017>

Adamovich Timofey Valerievich

Federal Scientific Center of Psychological and Multidisciplinary Researches, Moscow, Russia
E-mail: tadamovich11@gmail.com
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1571-9192>
RSCI: https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=1071681
WoS: <https://www.webofscience.com/wos/author/record/W-9175-2019>

Marakshina Julia Aleksandrovna

Federal Research Centre of Psychological and Interdisciplinary Studies, Moscow, Russia
E-mail: retalika@yandex.ru
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7559-9148>
RSCI: https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=899298
WoS: <https://www.webofscience.com/wos/author/record/R-6453-2016>

Ismatullina Victoria Igorevna

Federal Scientific Center of Psychological and Multidisciplinary Researches, Moscow, Russia
E-mail: victoria2686@gmail.com
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5096-4313>
RSCI: https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=637258
WoS: <https://www.webofscience.com/wos/author/record/D-9656-2014>
SCOPUS: <https://www.scopus.com/authid/detail.url?authorId=57191996544>

Research on working memory in learning: traditional and innovative approaches

Abstract. This article presents a comprehensive review of traditional and contemporary models of working memory, highlighting their evolution and significance in cognitive psychology. Classic theories, such as the multicomponent model by Baddeley and Hitch, are compared with recent integrative approaches that capture the complex aspects of working memory in applied contexts. Particular attention is given to the interaction between working and spatial memory, as well as the differences between verbal and spatial tasks, which play a key role in understanding cognitive processes. The article examines the relationship between working memory and academic achievements, indicating that students with higher working memory capacity often demonstrate better results in subjects such as mathematics and reading comprehension. Individual differences in working memory capacity, influenced by cognitive abilities, are also considered, as they impact overall cognitive productivity.

The adaptability, flexibility, and limitations of working memory in educational settings are analyzed. It is shown that student adaptation to learning tasks requires rational allocation of cognitive resources, allowing students to focus on key elements. Working memory flexibility supports the application of knowledge across various learning contexts and fosters critical thinking, especially in collaborative environments. Metacognitive accuracy and contextual anchoring help students to allocate cognitive resources more mindfully, thus supporting the management of educational strategies and enhancing academic outcomes.

The authors emphasize the importance of a comprehensive understanding of working memory, which is crucial for developing approaches aimed at the effective use of cognitive resources in the educational process.

Keywords: working memory; spatial working memory; learning; academic achievement; individual differences; cognitive resources; cognitive psychology