А. Д. Савинова [a]
ORCID: 0000-0003-0593-2408
✉ *anuta1334@yandex.ru*
С. Ю. Коровкин [a]
ORCID: 0000-0001-7890-4366
✉ *korovkin_su@list.ru*
[a] *Ярославский государственный университет им. П. Г. Демидова (Россия, Ярославль)*

Решение задач в условиях разнообразной загрузки рабочей памяти

Аннотация. На данный момент получены противоречивые данные о том, как рабочая память включена в процесс решения инсайтных задач. Мы считаем, что измерение загрузки рабочей памяти в ходе решения задачи поможет получить более четкое представление о вовлеченных процессах и объяснить существующие противоречия. В исследовании использовалась парадигма двойного задания для отслеживания динамики загрузки рабочей памяти при решении задачи. Мы варьировали такие параметры, как сложность задания для загрузки рабочей памяти и тип мыслительной задачи (инсайтная и алгоритмизированная). Результаты показали, что динамика загрузки рабочей памяти при решении инсайтных задач отличается от таковой при решении алгоритмизированных задач. Сложность задания-зонда влияет на общее время реакции в обоих типах задач. Загрузка рабочей памяти в ходе решения алгоритмизированных задач увеличивается от этапа к этапу из-за распределения когнитивных ресурсов на промежуточные вычисления. Характер динамики загрузки рабочей памяти при решении инсайтных задач остается спорным. Инсайтные задачи задействуют рабочую память на всем протяжении решения, а также что центральный исполнитель играет важную роль непосредственно перед отысканием решения.

Ключевые слова: инсайт, рабочая память, задание-зонд, управляющие функции

Благодарности. Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ 17-06-00672 и гранта Президента РФ МК-722.2017.6.

Для цитирования: *Савинова А. Д., Коровкин С. Ю.* Решение задач в условиях разнообразной загрузки рабочей памяти // Шаги/Steps. Т. 5. № 1. 2019. С. 112–127. DOI: 10.22394/2412-9410-2019-5-1-112-127.

Статья поступила в редакцию 1 октября 2018 г.
Принято к печати 30 октября 2018 г.

© А. Д. САВИНОВА, С. Ю. КОРОВКИН

A. D. Savinova [a]
ORCID: https://orcid.org/0000-0003-0593-2408
✉ *anuta1334@yandex.ru*
S. Yu. Korovkin [a]
ORCID: https://orcid.org/0000-0001-7890-4366
✉ *korovkin_su@list.ru*
[a] *Yaroslavl Demidov State University (Russia, Yaroslavl)*

Problem solving under different types of working memory load

Abstract. Numerous studies of insight problem solving are focused on working memory system. We obtained contradictory data about how working memory is involved in the insight process. We argue that measuring the dynamics of working memory over the course of problem solving can provide a more refined view regarding the process as a whole and explain the existing controversies. Our study employed a dual task paradigm to track the dynamics of working memory load during problem solving. We varied the complexity of the probe-task and the problem type (insight and algorithmized). The results indicated that the dynamics of working memory load in insight problems differ from those in algorithmized problems. The complexity of the probe-task affects the total reaction times in both types of problem solving. We found that the working memory load in algorithmized problems increases from stage to stage due to the allocation of cognitive resources to interim calculations. The nature of the dynamics of working memory load in insight problems remains debatable. We can claim that insight problem solving places demands on working memory during the entire problem solving process and that the central executive system plays an important role just prior to solution.

Keywords: insight, working memory, probe-task, executive functions

Acknowledgements. The paper was supported by the Russian Foundation for Basic Research, grant no. 17-06-00672, and the grant of the Russian President, МК-722.2017.6.

To cite this article: Savinova, A. D., Korovkin, S. Yu. (2019). Problem solving under different types of working memory load. *Shagi / Steps, 5*(1), 112–127. DOI: 10.22394/2412-9410-2019-5-1-112-127. (In Russian).

Received October 1, 2018
Accepted October 30, 2018

© A. D. SAVINOVA, S. YU. KOROVKIN

Введение

Большинство работ, посвященных творчеству, ограничивается описанием и диагностикой креативности — способности человека к продуцированию новых идей. Однако подобный подход не может быть исчерпывающим, так как рассчитан в большей степени на поверхностное описание корреляционных связей. В нашей работе нам бы хотелось перевести понимание творчества в форму более четкого и проверяемого научного понятия. В связи с этим мы решили временно сузить понимание творческого процесса до инсайтного решения задач.

Под инсайтом мы понимаем такое решение мыслительной задачи, для успешного выполнения которого требуется смена операторов или системы их применения, а новые операторы и правила решателю неизвестны (неочевидны или не актуализированы). При этом оператор — это некие правила преобразования, которыми можно воспользоваться для изменения текущего состояния [Simon 1977]. Таким образом, инсайт — это некое преобразование текущего тупикового состояния задачи в новое состояние, ранее не актуализированное и кажущееся недостижимым.

На данный момент все так же актуален спор о том, есть ли какие-либо отличия инсайтного решения от решения иных типов. На этот счет существует как минимум два подхода — неспецифический и специфический. С точки зрения первого подхода, инсайтное решение не имеет никаких особенных механизмов, отличающих его от решения других задач. Все различия, получаемые в экспериментах, носят количественный, а не качественный характер [Simon 1977; Weisberg, Alba 1981]. Второй подход основан на противоположной точке зрения: инсайтное решение требует специфических механизмов, лежащих в основе экспериментальных различий. При этом описаны когнитивные структуры, с которыми эти различия могут быть связаны, — эмоции [Валуева 2015], метакогниции [Metcalfe, Wiebe 1987], изменение репрезентации [Ohlsson 1992], рабочая память [DeCaro et al. 2016].

Противоречия в исследованиях рабочей памяти

В данной работе мы решили сосредоточиться на различиях, связанных с ролью рабочей памяти, а именно на работе центрального исполнителя в терминах А. Бэддели [Baddeley 2002]. Центральный исполнитель связан с выполнением таких функций, как сохранение и переключение внимания между различными источниками информации, игнорирование нерелевантной информации и шума, установление связи с долговременной памятью для извлечения из нее операторов, свойств объектов и т. д. Выбор рабочей памяти как возможного источника различий между инсайтными и иными мыслительными задачами был сделан нами неслучайно. Дело в том, что существует большое количество исследований, посвященных взаимоотношениям рабочей памяти и мыслительных процессов, но однозначного решения о том, какова роль рабочей памяти в инсайте, нет.

С одной стороны, есть множество данных, посвященных положительному влиянию объема рабочей памяти на решение инсайтных задач [Cinan,

Doğan 2013; Chuderski 2014]: чем больше объем рабочей памяти у решателя, тем более творческие и креативные идеи он предлагает. С другой стороны, в некоторых работах показано, что большой объем рабочей памяти может сказываться негативно на решении инсайтных задач, так как приводит к выбору сложных и неэффективных стратегий решения [Beilock, DeCaro 2007; DeCaro et al. 2016; Jarosz et al. 2012]. Но есть данные и о том, что рабочая память влияет по-разному в зависимости от типа задачи [Ash, Wiley 2006] и от того, на какой стадии решения задачи находится решатель [Fleck 2008].

Некоторые из имеющихся противоречий можно объяснить различиями в процедуре и материалах, используемых в исследованиях. Однако бóльшая часть расхождений связана с такими факторами, как гетерогенность процесса решения и сложная природа самой рабочей памяти. Гетерогенность процесса решения заключается в том, что решение инсайтных задач имеет несколько стадий (понимание задачи, построение репрезентации, переструктурирование репрезентации, тупик и т. п.), которые могут быть связаны различным образом с рабочей памятью. Например, с точки зрения гипотезы селективного забывания, на стадии тупика происходит очистка памяти от части информации [Simon 1977; Ohlsson 1992], т. е. данная стадия должна быть менее требовательной к ресурсам рабочей памяти. Таким образом, отношения между рабочей памятью и процессами решения инсайтных задач могут изменяться от стадии к стадии [DeCaro et al. 2017], а значит, необходимо изучать то, как на каждой стадии решения проявляет себя рабочая память.

Вторая возможная причина расхождений результатов исследований связана со сложной природой рабочей памяти. На данный момент нет однозначных взглядов на то, как устроена рабочая память, является ли она слотовой или ресурсной структурой [Ma et al. 2014]. Проблема усугубляется тем, что разные исследователи используют не только разные модели рабочей памяти, но и разные методические подходы, сравнение результатов которых подчас невозможно. В настоящее время предложены и экспериментальные подходы, и исследование индивидуальных различий [Hambrick, Engle 2003]. Экспериментальные процедуры обычно связаны с парадигмой дистракторов и предполагают отвлечение одной из систем рабочей памяти для выявления ее роли в исследуемом процессе. Анализ индивидуальных различий базируется на концепции количества элементов, хранящихся в рабочей памяти в тот или иной момент времени.

Задание-зонд

В нашей работе мы решили исследовать динамику изменений рабочей памяти на разных этапах решения инсайтных и алгоритмизированных задач. Однако обычные методы, используемые для изучения рабочей памяти, не подходят для отслеживания динамических изменений. В связи с этим мы адаптировали методику задания-зонда, применяемую для исследования внимания, к решению задач. Данная методика основывается на ресурсной модели и экспериментальной технике Д. Канемана [Kahneman 1973]. С точки зрения данной модели, когнитивный ресурс ограничен и распределяется между разными процессами в зависимости от их субъективной важности. Таким образом, если

испытуемый выполняет два задания одновременно, то увеличение сложности основного — и субъективно более важного — задания приведет к ухудшению или отмене выполнения второго задания. Второе задание обычно называется заданием-зондом. На основе эффективности выполнения задания-зонда можно судить о том, сколько ресурса требует основное задание. Данный метод особенно полезен в тех случаях, когда выполнение основного задания невозможно отслеживать непосредственно.

В эксперименте испытуемые выполняли два задания: решение задачи (основное задание) и дополнительное задание в виде выбора из ряда альтернатив (задание-зонд). Поскольку задания выполнялись одновременно, увеличение времени реакции на задание-зонд покажет нам, что основная задача требует в данный момент времени больше ресурса для своего выполнения. Для сравнения различных задач, решаемых разными испытуемыми, нам было необходимо упорядочить все данные и привести их к единой структуре анализа. Для этого мы решили делить все время решения задачи на несколько равных по времени этапов (в данном случае на три этапа). Например, если время решения задачи равно 300 с, то первые 100 с относятся к первому этапу, вторые 100 с — ко второму, а третьи 100 с — к третьему этапу. Разделение процесса решения на три этапа позволяет нам отслеживать динамику решения задач.

Данная методика позволит нам ответить на ряд вопросов.

1. Необходима ли рабочая память для решения инсайтных задач? Различается ли загрузка рабочей памяти в условии решения инсайтной и алгоритмизированной задачи?

2. Отличаются ли инсайтные и алгоритмизированные задачи по включенности в их решение центрального исполнителя рабочей памяти?

3. Есть ли специфические паттерны загрузки рабочей памяти для инсайтных и алгоритмизированных задач?

Экспериментальное исследование

Данный эксперимент был построен для проверки гипотез о том, какова роль рабочей памяти в решении инсайтных задач. Мы предположили следующее.

1. Рабочая память необходима для решения инсайтных задач, но в меньшей степени, чем для задач алгоритмизированных.

Для подтверждения данной гипотезы необходимо, чтобы загрузка рабочей памяти в ходе решения инсайтных задачах была значимо больше, чем при выполнении одиночного зондового задания, но значимо ниже, чем при решении алгоритмизированных задач.

2. Задания-зонды изымают ресурс рабочей памяти у решения задачи пропорционально их сложности.

Для подтверждения гипотезы необходимо, чтобы сложные зондовые задания показывали значимо более высокую загрузку рабочей памяти, чем простые зонды. Сложность зондовых заданий должна сказываться на времени реакции, но не на изменении паттерна загрузки рабочей памяти для инсайтных и алгоритмизированных задач.

3. Разные этапы решения задач по-разному требовательны к ресурсу рабочей памяти.

Мы предполагаем, что окончание решения и инсайтных, и алгоритмизированных задач будет требовать значительно большего ресурса рабочей памяти, чем начало решения. Подтверждение данного положения возможно в случае значимо большей загрузки рабочей памяти на третьем этапе по сравнению с первым, причем данный результат должен отмечаться при решении обоих типов задач.

Для проверки выдвинутых гипотез нами был построен эксперимент с одной зависимой переменной (время реакции в задании-зонде), двумя независимыми переменными (тип задачи, тип зонда) и одной группирующей переменной (этапы решения).

Методика

Выборка

В экспериментальной группе было 32 испытуемых (25 женщин) в возрасте от 18 до 34 лет (M = 22,16, SD = 3,18). В контрольной группе также было 32 человека (22 женщины) в возрасте от 18 до 28 лет (M = 21,66, SD = 2,61). Бóльшая часть выборки была собрана на базе ЯрГУ им. П. Г. Демидова. Все испытуемые проходили эксперимент индивидуально и добровольно, участие в эксперименте не оплачивалось.

Стимульный материал

Мы использовали парадигму двойного задания с решением основной задачи и выполнением дополнительного задания-зонда. Мы использовали два типа зондовых заданий:

Простое задание-зонд. На экране компьютера появлялась одна из двух возможных альтернатив — черный круг или черный квадрат. Когда испытуемый видел черный круг, ему необходимо было нажимать стрелку влево; черный квадрат — стрелку вправо. Задание нужно было выполнять как можно быстрее и точнее на всем протяжении решения основной задачи.

Сложное задание-зонд. Данное условие аналогично простому варианту, но с бóльшим количеством альтернатив. Теперь если испытуемый видит круг, треугольник или пятиугольник, он нажимает стрелку влево; если он видит квадрат, крест или шестиугольник — стрелку вправо.

Все задания-зонды располагались в центре экрана и были окрашены в черный цвет. Цвет фона был белым. Между каждым стимулом был краткий перерыв (100 мс) в виде белого экрана. Задания-зонды были выбраны таким образом, чтобы было возможно их одновременное выполнение с основным заданием.

Мы также использовали два типа основных задач.

Алгоритмизированные задачи. Это задачи с четкими условиями, алгоритмом решения и ответом, логически вытекающим из условий. Испытуемые знают все важные операторы для решения и строят верную репрезентацию условий. Пример задачи:

> Первая машинистка печатает 8 страниц в час, а вторая за 4 ч печатает столько же страниц, сколько первая за 3. Сколько страниц отпечатают обе машинистки за 11 ч совместной работы? (Ответ: 154 страницы).

Инсайтные задачи. Это задачи, требующие смены операторов или репрезентации, при этом испытуемые не знают новую систему операторов. Нахождение ответа происходит субъективно неожиданно и часто сопровождается эмоциональной реакцией. Пример задачи:

> Мистер Харди мыл окна многоэтажного офисного здания, когда он поскользнулся и упал с шестидесятиметровой лестницы на бетонную мостовую. Невероятно, но он никак не пострадал. Как такое возможно? (Ответ: он стоял на первой ступеньке лестницы).

Мы выбирали задачи со средним временем решения от 60 до 150 с. В данном эксперименте все задачи были вербальными. Испытуемым нельзя было вести никакие записи и записывать промежуточные шаги решения. Испытуемых просили решать задачу вслух, называть гипотезы и ответы вербально. Все задачи были представлены испытуемым вверху монитора компьютера и не исчезали на всем протяжении решения. Контрольная группа также решала задачи, но не выполняла параллельно зондового задания.

Эксперимент был выполнен с помощью скриптов, написанных на PsychoPy2 (Version 1.81.02), на компьютере HP Envy x360 15-ar001ur с диагональю 15,6 дюйма.

Процедура

Каждый испытуемый экспериментальной группы проходил две части эксперимента: тренировка и основная серия. Целью тренировки было знакомство испытуемых с дополнительным заданием. В течение тренировки испытуемый выполнял оба типа зондовых заданий (по одному за раз, без решения основной задачи). Для каждого задания-зонда давалось 30 стимулов в случайном порядке. Среднее время реакции на задание-зонд в тренировочной серии было посчитано и принималось в качестве базового уровня выполнения задания. Перед выполнением тренировки испытуемым давались инструкции. Инструкции были одинаковыми и для экспериментальной, и для тренировочной серии.

После завершения тренировочной серии испытуемый приступал к экспериментальной части. Каждый испытуемый решал две инсайтные и две алгоритмизированные задачи с каждым из двух заданий-зондов (т. е. всего 8 мыслительных задач). Все задачи и зонды предъявлялись в случайном порядке. Испытуемые решали задачу и одновременно выполняли задание-зонд. Задание-зонд длилось на всем протяжении решения. Если испытуемый не решил задачу в течение 300 с, экспериментатор прерывал решение задачи и говорил испытуемому правильный ответ. После этого испытуемый приступал к решению следующей задачи. Между задачами мог быть перерыв по просьбе испытуемого, но длительностью не более 1 мин. Время реакции испытуемого на зондовое задание и общее время решения задачи фиксировались.

Предварительный анализ

Каждый из 32 испытуемых в экспериментальной группе попытался решить 8 задач (всего 256 задач). Однако мы исключили из дальнейшего анализа ряд за-

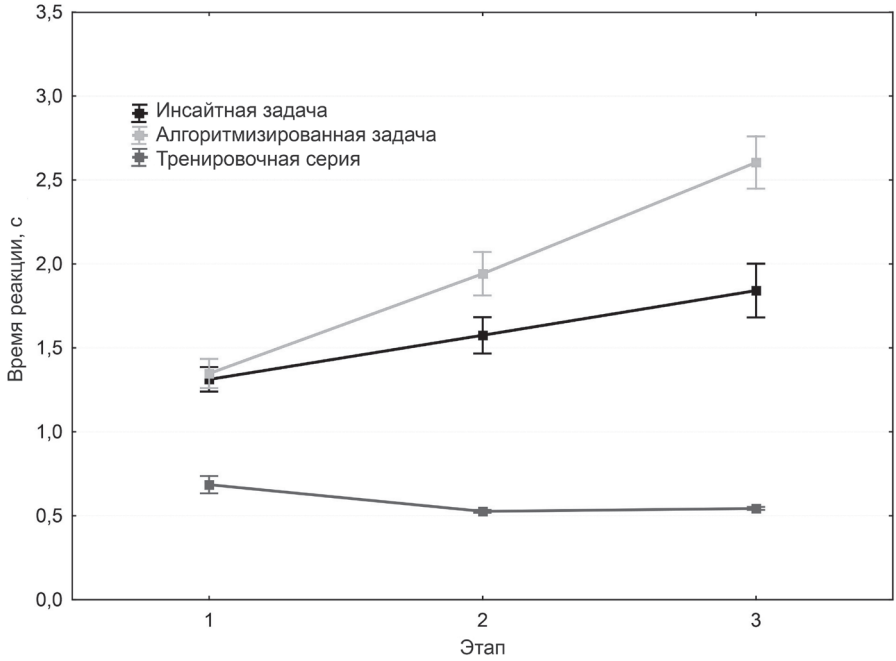
дач: 1) задачи, решенные менее чем за 30 с, так как в данном случае неясно, решил ли испытуемый задачу или встречался с ней ранее и вспомнил ответ; 2) задачи, решенные более чем за 300 с, такие задачи считались нами нерешенными; 3) задачи, содержащие экстремально большие значения времени реакции на зонд, так как в данном случае предполагалась, что испытуемый не может справиться с необходимостью выполнять два задания одновременно. Таким образом, мы исключили решения 15 алгоритмизированных и 50 инсайтных задач в экспериментальной группе. Остальные решения вошли в итоговый анализ данных. Из контрольной группы также исключались задачи, решенные менее чем за 30 с и более чем за 300 с. Так было исключено 9 алгоритмизированных и 51 инсайтная задачи.

Затем процесс решения каждой задачи был поделен на три равных по времени отрезка, после чего находилось среднее ВР испытуемого на данном отрезке. На основе получившегося деления на этапы мы смогли оценить динамику решения. Решение поделить время решения на три этапа было своеобразным компромиссом: использования двух этапов недостаточно для описания динамики задачи, деление же на большее количество этапов приводит к необходимости использовать очень консервативные методы статистического анализа из-за большого количества данных для сравнения. Кроме того, деление инсайтных задач на три этапа может быть правдоподобным с теоретической точки зрения: первый этап связан с чтением и пониманием условий, второй — с нахождением в тупике, а третий — с преодолением тупика и верификацией ответа.

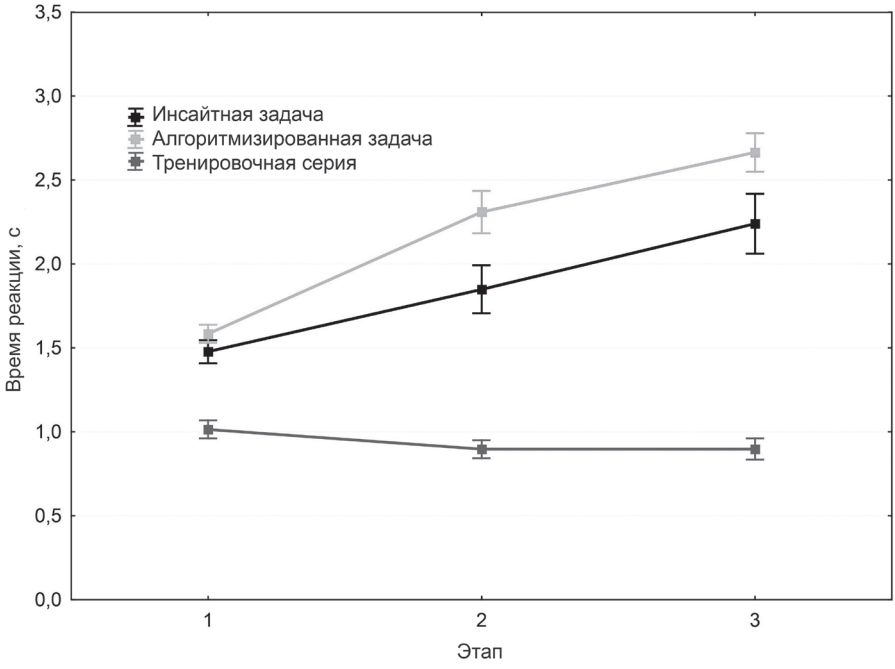
Результаты

Полученные результаты показывают, что испытуемые обычно успешно справляются с решением задач (средний рейтинг решения — 77,9%) и выполнением заданий-зондов (средняя оценка правильности выполнения зондового задания — 95,7%). Такие данные говорят о том, что испытуемые действительно были включены в выполнение заданий. Мы не обнаружили значимых различий во времени решения задач между контрольной и экспериментальной группами (F (1, 62) = 0,004, p = 0,952, $\eta_p^2 < 0{,}001$), а также влияния типа задачи (F (1, 62) = 0,565, p = 0,455, $\eta_p^2 < 0{,}009$) и взаимодействия группы и типа задачи (F (1, 62) = 0,163, p = 0,687, $\eta_p^2 = 0{,}003$).

Мы проверяли наши гипотезы, используя ANOVA с повторными измерениями с корректировкой Гринхауса — Гайссера и парный t-критерий Стьюдента (*Илл. 1*, *Илл. 2*). Был обнаружен главный эффект влияния задания-зонда на время реакции (F (1,94, 40,72) = 184,18, $p < 0{,}001$, $\eta_p^2 = 0{,}898$), причем время реакции во всех трех группах демонстрирует значимые различия. Наиболее быстро выполнялся зонд в условии тренировки, т. е. одиночного выполнения (M = 0,79, SD = 0,15); наиболее медленное время реакции было отмечено при выполнении задания-зонда и решении алгоритмизированной задачи (M = 1,93, SD = 0,43). Различие между тренировкой и решением алгоритмизированных задач статистически значимо (t (27) = −14,83, $p < 0{,}001$, r = −0,874), как и различие между тренировкой и решением инсайтных задач (t (28) = 12,97, $p <$ 0,001, r = 0,828). Время реакции в инсайтных задачах (M = 1,67, SD = 0,42) больше, чем в тренировочной серии, но значимо меньше, чем в условиях с решением алгоритмизированных задач (t (28) = −4,32, $p < 0{,}001$, r = −0,319).

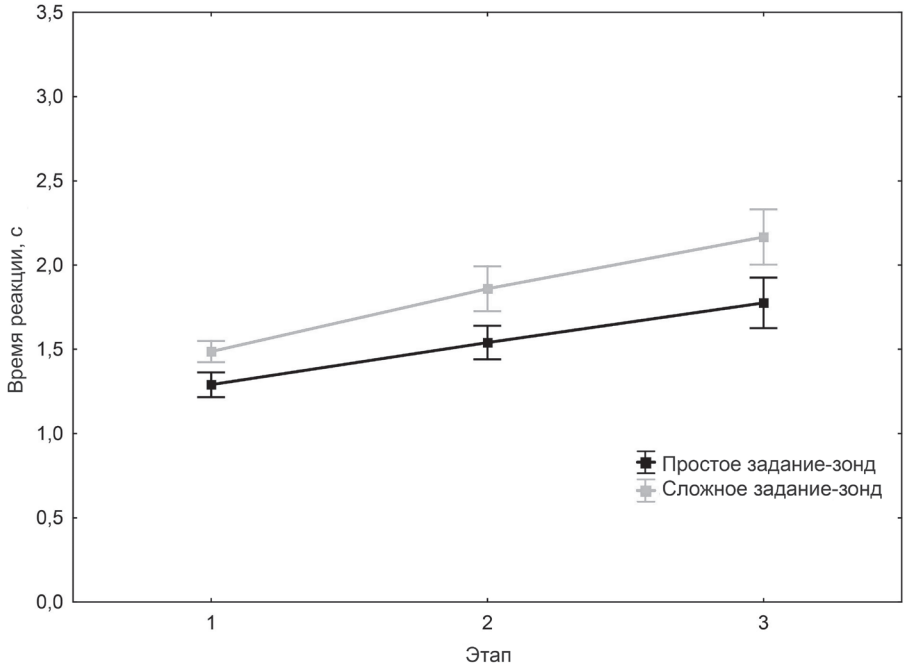


Илл. 1. *Время реакции при выполнении простого задания-зонда*
Ill. 1. *Reaction time in carrying out a simple probe-task*



Илл. 2. *Время реакции при выполнении сложного задания-зонда*
Ill. 2. *Reaction time in carrying out a complex probe-task*

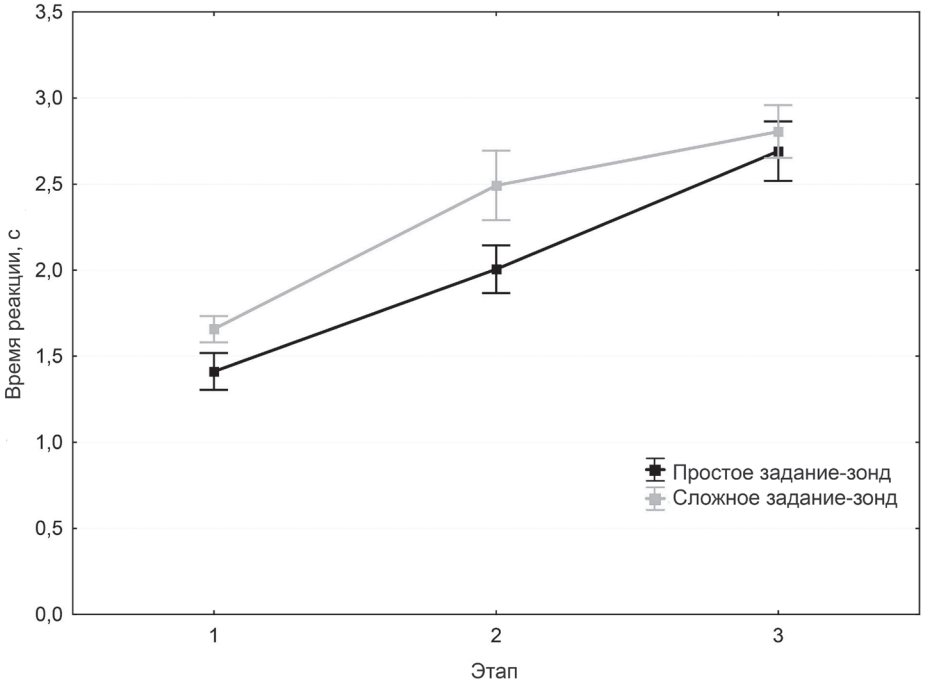
Также было найдено влияние типа задания-зонда (F (1, 21) = 32,65, p < 0,001, η_p^2 = 0,609). Результаты представлены на *Илл. 3* и *Илл. 4*. Анализ post hoc с применением поправки Бонферрони показал, что зонды в тренировочной серии действительно отличались друг от друга: простое задание было проще (M = 0,57, SD = 0,06), а сложное — сложнее (M = 0,99, SD = 0,26). Различия между простым и сложным заданиями-зондами значимы для этапа тренировки (t (29) = −9,25, p < 0,001, r = −0,736), для инсайтных (t (24) = −2,53, p = 0,018, r = −0,247) и алгоритмизированных задач (t (28) = −2,93, p = 0,007, r = −0,253) на основном этапе решения.



Илл. 3. *Время реакции на задания-зонды при решении инсайтных задач*
Ill. 3. *Probe-task reaction time in insight problem solving*

Анализ не выявил взаимодействия между заданием-зондом и этапом задачи (F (1,77, 37,21) = 0,5, p = 0,59, η_p^2 = 0,023), между типом задачи и типом зонда (F (1,7, 35,8) = 0,47, p = 0,601, η_p^2 = 0,022), между типом зонда, типом задачи и этапом (F (3,04, 63,76) = 0,9, p = 0,447, η_p^2 = 0,041). Однако он показал значимый эффект влияния этапа решения задачи (F (2, 41,95) = 76,04, p < 0,001, η_p^2 = 0,784) и взаимодействия между типом задачи и этапом решения (F (3,13, 65,81) = 31,69, p < 0,001, η_p^2 = 0,601). Различные типы задач продемонстрировали разную динамику выполнения задания-зонда. Время реакции в тренировочной серии снижалось в течение всего периода выполнения (первый и второй этапы: t (30) = 3,21, p = 0,003, r = 0,278; первый и третий этап: t (30) = 4,55, p < 0,001, r = 0,356), представляя собой кривую научения. Однако время реакции при решении инсайтных и алгоритмизированных задач повышалось от этапа к этапу (первый и второй этапы инсайтных задач:

t (28) = −3,74, p < 0,001, r = −0,322; первый и третий этапы инсайтных задач: t (28) = −6,5, p < 0,001, r = −0,51; первый и второй этапы алгоритмизированных задач: t (29) = −6,04, p < 0,001, r = −0,535; первый и третий этапы алгоритмизированных задач: t (29) = −13,22, p < 0,001, r = −0,764).



Илл. 4. *Время реакции на задания-зонды при решении алгоритмизированных задач*
Ill. 4. *Probe-task reaction time in algorithmic problem solving*

Существуют значимые различия при решении алгоритмизированных задач между этапами простого задания-зонда (первый и второй этапы: t (29) = −5,46, p < 0,001, r = −0,454; первый и третий этапы: t (29) = −9,28, p < 0,001, r = −0,681; второй и третий этапы: t (29) = −5,26, p < 0,001, r = −0,416). Похожие результаты получены и для выполнения сложного зонда при решении алгоритмизированных задач (первый и второй этапы: t (30) = −4,37, p < 0,001, r = −0,401; первый и третий этапы: t (30) = −7,2, p < 0,001, r = −0,587).

Неожиданно мы обнаружили постепенный рост времени реакции в инсайтных задачах. Мы ожидали получить значимые различия только между первым и третьим этапом решения для обоих зондов, но в результате получили результаты, аналогичные решению алгоритмизированных задач. В простом задании-зонде время реакции на первом этапе значимо ниже, чем на втором (t (27) = −4,64, p < 0,001, r = −0,272) и третьем (t (27) = −4,18, p < 0,001, r = −0,351). Точно так же время реакции изменяется и в сложном задании-зонде (первый и второй этапы: t (26) = −2,56, p = 0,017, r = −0,304; первый и третий этапы: t (26) = −3,99, p < 0,001, r = −0,466). Тем не менее время реакции при решении алгоритмизированных задач значимо выше, чем при решении инсайтных.

Попарное сравнение инсайтных и алгоритмизированных задач показало, что задачи отличаются на втором (t (26) = −2,4, p = 0,024, r = −0,274) и третьем этапах (t (26) = −5,1, p < 0,001, r = −0,465) при выполнении простого зонда, а также на втором (t (26) = −2,55, p = 0,017, r = −0,296) и третьем этапах (t (26) = −3,06, p = 0,005, r = −0,356) при выполнении сложного зонда. Время реакции на первых этапах решения не имеет значимых различий.

Сложное задание-зонд выполнялось медленнее и в инсайтных, и в алгоритмизированных задачах, но не на третьем этапе. При решении алгоритмизированных задач задания-зонды отличались на первом (t (28) = −3,68, p < 0,001, r = −0,344) и втором этапах (t (28) = −2,5, p = 0,019, r = −0,267). Точно такие же результаты были получены для инсайтных задач: значимо отличались первый (t (24) = −2,82, p = 0,009, r = −0,277) и второй (t (24) = −2,48, p = 0,021, r = −0,241) этапы заданий-зондов. Мы считаем, что данный результат связан с усложнением выполнения простого зондового задания на третьем этапе.

Обсуждение

В целом полученные результаты подтвердили выдвинутые нами гипотезы. Первая гипотеза о том, что рабочая память необходима для решения инсайтных задач так же, как она необходима для выполнения задач алгоритмизированных, подтверждена полностью. Мы обнаружили, что загрузка рабочей памяти при решении инсайтных задач превышает базовую загрузку, в качестве которой использовалось одиночное выполнение задания-зонда в тренировочной серии. Этот факт, а также данные о разнице времени реакции между инсайтными и алгоритмизированными задачами приводят нас к заключению о том, что рабочая память требуется при решении любой задачи, но алгоритмизированные задачи более требовательны к данному ресурсу. Решение алгоритмизированных задач содержит такие элементы, как программирование и контроль будущих и уже выполненных операций, подсчет и удержание промежуточных шагов в решении. Инсайтные же задачи в большей степени включают процессы постановки и тестирования гипотез, понимания условий задачи, изменения репрезентации и проверки возможных решений. Подобные процессы также требуют ресурсов рабочей памяти, но они реже встречаются в ходе решения и являются непостоянными, временными по сравнению с процессами алгоритмизированных задач.

Вторая гипотеза о том, что задания-зонды занимают ресурс рабочей памяти пропорционально их сложности, также была подтверждена. Сравнение заданий-зондов в тренировочной серии показало, что данные задания изначально отличаются друг от друга по сложности: испытуемые выполняют сложный зонд с бóльшим временем реакции, чем простой зонд. С одной стороны, данный результат показывает правильный подбор дополнительных заданий. С другой стороны, он также говорит нам о том, что любое дополнительное задание изымает часть ресурса из рабочей памяти, для этого заданию-зонду необязательно быть крайне сложным или совпадать по модальности с основной задачей. Подобный результат может быть проинтерпретирован с точки зрения модели А. Бэддели [Baddeley 2002] как связь решения задач с центральным исполнителем рабочей памяти.

Наша третья гипотеза была посвящена динамическим характеристикам решения и тому, что разные этапы решения задач, вероятно, будут требовать различной степени включенности рабочей памяти. Данная гипотеза была подтверждена данными о влиянии фактора этапа и о взаимодействии таких факторов, как этап и тип задачи. Мы обнаружили, что все три типа условий (тренировка, решение алгоритмизированной, решение инсайтной задачи) отличаются друг от друга. Время реакции в тренировке соответствовало кривой научения и снижалось от этапа к этапу. Загрузка рабочей памяти при решении инсайтных и алгоритмических задач, напротив, демонстрировала постепенный рост времени реакции. Этот значимый рост времени реакции может говорить о том, что к концу решения увеличиваются требования к когнитивному ресурсу. Загрузка рабочей памяти на первом этапе решения и инсайтной, и алгоритмизированной задачи одинакова и значимо выше базового уровня загрузки. Мы предполагаем, что описываемый результат связан с тем, что на данном этапе происходят процессы чтения, понимания условий и построения репрезентации, которые схожи у обоих типов решений задач. Дальнейшее увеличение времени реакции в алгоритмизированных задачах может быть связано с увеличением процессов обработки и ростом количества информации о промежуточных вычислительных операциях. Как было отмечено ранее, точно такой же паттерн загрузки наблюдается и у инсайтных задач: чем ближе к решению задачи, тем в большей степени загружается рабочая память. Этот результат является двояким. С одной стороны, он может говорить о том, что инсайтные и алгоритмизированные задачи одинаково взаимодействуют с рабочей памятью. С другой стороны, загрузка рабочей памяти при решении инсайтных задач остается значимо ниже на втором и третьем этапах решения по сравнению с алгоритмизированными задачами. Такой результат может сообщать нам обратное — инсайтное решение отличается от иного типа задач, требуя для своего выполнения меньше когнитивного ресурса.

Таким образом, на данный момент мы не можем с уверенностью ответить на вопрос о том, является ли решение инсайтных задач специфичным или неспецифичным по сравнению с алгоритмизированными задачами. Данный вопрос является сложным и неоднозначным и требует дальнейшего анализа и экспериментальной проверки.

Литература

Валуева 2015 — *Валуева Е. А.* Сигнальная модель инсайта: основные положения и соотношение с научными взглядами Я. А. Пономарева // Психологический журнал. Т. 36. № 6. 2015. С. 35–44.

Ash, Wiley 2006 — *Ash I. K., Wiley J.* The nature of restructuring in insight: An individual-differences approach // Psychonomic Bulletin & Review. Vol. 13. No. 1. 2006. P. 66–73.

Baddeley 2002 — *Baddeley A. D.* Fractionating the central executive // Principles of frontal lobe function / Ed by. D. T. Stuss, R. T. Knight. New York: Oxford Univ. Press, 2002. P. 246–260.

Beilock, DeCaro 2007 — *Beilock S. L., DeCaro M. S.* From poor performance to success under stress: Working memory, strategy selection, and mathematical problem solving under pressure // Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition. Vol. 33. No. 6. 2007. P. 983–998.

Chuderski 2014 — *Chuderski A.* How well can storage capacity, executive control, and fluid reasoning explain insight problem solving // Intelligence. Vol. 46. No. 1. 2014. P. 258–270.

Cinan, Doğan 2013 — *Cinan S., Doğan A.* Working memory, mental prospection, time orientation, and cognitive insight // Journal of Individual Differences. Vol. 34. No. 3. 2013. P. 159–169.

DeCaro et al. 2016 — *DeCaro M. S., Van Stockum C. A., Wieth M. B.* When higher working memory capacity hinders insight // Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition. Vol. 42. No. 1. 2016. P. 39–49.

DeCaro et al. 2017 — *DeCaro M. S., Van Stockum C. A., Wieth M. B.* The relationship between working memory and insight depends on moderators: Reply to Chuderski and Jastrzêbski (2017) // Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition. Vol. 43. No. 12. 2017. P. 2005–2010.

Fleck 2008 — *Fleck J. I.* Working memory demands in insight versus analytic problem solving // European Journal of Cognitive Psychology. Vol. 20. 2008. P. 139–176.

Hambrick, Engle 2003 — *Hambrick D. Z., Engle R. W.* The role of working memory in problem solving // The psychology of problem solving / Ed. by J. E. Davidson, R. J. Sternberg. New York: Cambridge Univ. Press, 2003. P. 176–206.

Jarosz et al. 2012 — *Jarosz A. F., Colflesh G. J. H., Wiley J.* Uncorking the muse: Alcohol intoxication facilitates creative problem solving // Consciousness and Cognition. Vol. 21. No. 1. 2012. P. 487–493.

Kahneman 1973 — *Kahneman D.* Attention and effort. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall, 1973.

Ma et al. 2014 — *Ma W. J., Husain M., Bays P. M.* Changing concepts of working memory // Nature Neuroscience. Vol. 17. No. 3. 2014. P. 347–356.

Metcalfe, Wiebe 1987 — *Metcalfe J., Wiebe D.* Intuition in insight and non-insight problem solving // Memory & Cognition. Vol. 15. No. 3. 1987. P. 238–246.

Ohlsson 1992 — *Ohlsson S.* Information-processing explanations of insight and related phenomena // Advances in the psychology of thinking / Ed. by M. T. Keane, K. J. Gilhooly. London: Harvester-Wheatsheaf, 1992. P. 1–44.

Simon 1977 — *Simon H. A.* Scientific discovery and the psychology of problem solving // Simon H. A. Models of discovery and other topics in the methods of science. Dordrecht: Springer, 1977. P. 286–303.

Weisberg, Alba 1981 — *Weisberg R. W., Alba J. W.* An examination of the alleged role of “fixation” in the solution of several “insight” problems // Journal of Experimental Psychology: General. Vol. 110. No. 2. 1981. P. 169–192.

References

Ash, I. K., Wiley, J. (2006). The nature of restructuring in insight: an individual-differences approach. *Psychonomic Bulletin & Review, 13*(1), 66–73.

Baddeley, A. D. (2002). Fractionating the central executive. In D. T. Stuss, R. T. Knight (Eds.). *Principles of Frontal Lobe Function*, 246–260. New York: Oxford Univ. Press.

Beilock, S. L., DeCaro, M. S. (2007). From poor performance to success under stress: Working memory, strategy selection, and mathematical problem solving under pressure. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition, 33*(6), 983–998.

Chuderski, A. (2014). How well can storage capacity, executive control, and fluid reasoning explain insight problem solving. *Intelligence, 46*(1), 258–270.

Cinan, S., Doğan, A. (2013). Working memory, mental prospection, time orientation, and cognitive insight. *Journal of Individual Differences, 34*(3), 159–169.

DeCaro, M. S., Van Stockum, C. A., Wieth, M. B. (2016). When higher working memory capacity hinders insight. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition, 42*(1), 39–49.

DeCaro, M. S., Van Stockum, C. A., Wieth, M. B. (2017). The relationship between working memory and insight depends on moderators: Reply to Chuderski and Jastrzêbski (2017). *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition, 43*(12), 2005–2010.

Fleck, J. I. (2008). Working memory demands in insight versus analytic problem solving. *European Journal of Cognitive Psychology, 20*, 139–176.

Hambrick, D. Z., Engle, R. W. (2003). The role of working memory in problem solving. In J. E. Davidson, R. J. Sternberg (Eds.). *The psychology of problem solving*, 176–206. New York: Cambridge Univ. Press.

Jarosz, A. F., Colflesh, G. J. H., Wiley, J. (2012). Uncorking the muse: Alcohol intoxication facilitates creative problem solving. *Consciousness and Cognition, 21*(1), 487–493.

Kahneman, D. (1973). *Attention and effort*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall.

Ma, W. J., Husain, M., Bays, P. M. (2014) Changing concepts of working memory. *Nature Neuroscience, 17*(3), 347–356.

Metcalfe, J., Wiebe, D. (1987). Intuition in insight and non-insight problem solving. *Memory & Cognition, 15*(3), 238–246.

Ohlsson, S. (1992). Information-processing explanations of insight and related phenomena. In M. T. Keane, K. J. Gilhooly (Eds.). *Advances in the psychology of thinking*, 1–44. New York: Harvester-Wheatsheaf.

Simon, H. A. (1977). Scientific discovery and the psychology of problem solving. *Models of discovery and other topics in the methods of science*, 286–303. Dordrecht: Springer.

Valueva, E. A. (2015). Signal'naia model' insaita: osnovnye polozheniia i sootnoshenie s nauchnymi vzgliadami Ia. A. Ponomareva [The signal model of insight: Key terms and interrelation with Ya.A. Ponomarev's views]. *Psikhologicheskii zhurnal* [Psychological Journal]*, 36*(6), 35–44. (In Russian).

Weisberg, R. W., Alba, J. W. (1981) An examination of the alleged role of "fixation" in the solution of several "insight" problems. *Journal of Experimental Psychology: General, 110*(2), 169–192.

* * *

Информация об авторах

Анна Джумберовна Савинова
аспирант,
кафедра общей психологии,
стажер-исследователь,
факультет психологии,
Ярославский государственный
университет им. П. Г. Демидова
Россия, 150057, Ярославль,
пр-д Матросова, д. 9
Тел.: +7 (4852) 47-88-94
✉ *anuta1334@yandex.ru*

Сергей Юрьевич Коровкин
кандидат психологических наук
научный сотрудник,
факультет психологии,
Ярославский государственный
университет им. П. Г. Демидова
Россия, 150057, Ярославль,
пр-д Матросова, д. 9
Тел.: +7 (4852) 47-88-94
✉ *korovkin_su@list.ru*

Information about the authors

Anna D. Savinova
PhD Student,
Department of General Psychology,
Psychology Faculty,
Junior Researcher,
P. G. Demidov Yaroslavl State University,
Russia, 150057, Yaroslavl, Proezd Matrosova, 9
Tel.: +7 (4852) 47-88-94
✉ *anuta1334@yandex.ru*

Sergei Yu. Korovkin
Cand. Sci. (Psychology)
Researcher,
Psychology Faculty,
P. G. Demidov Yaroslavl State University,
Russia, 150057, Yaroslavl, Proezd Matrosova, 9
Tel.: +7 (4852) 47-88-94
✉ *korovkin_su@list.ru*