

ОБЪЕМ КРАТКОВРЕМЕННОЙ ПАМЯТИ И РАЗМЕР АЛФАВИТА СТИМУЛОВ*

*Н.П. РАДЧИКОВА, кандидат психологических наук, доцент кафедры
социальной психологии БГПУ,
О.М. ВЕРБИЛО, магистрант БГПУ ©*

В статье описаны эксперименты по измерению объема кратковременной памяти для алфавитов разной длины и мерности по методике полного воспроизведения. Под объемом памяти понималось максимальное число элементов запоминаемого материала, которое воспроизводится сразу после однократного предъявления с учетом позиции элемента в ряду предъявленных стимулов. Результаты статистического анализа позволили сделать вывод, что взаимодействия между длиной алфавита и мерностью сигнала нет. Следовательно, и монохромные, и цветные стимулы запоминаются одинаково хорошо. Было также установлено, что объем кратковременной памяти неодинаков для алфавитов разной длины: испытуемые запоминали гораздо больше цифр, чем согласных, и гораздо больше букв, чем цифр. Полученные результаты не согласуются с предсказаниями теории кодирования сигналов паттернами разрядов нейронов, так как самый большой объем кратковременной памяти получен для алфавита самой большой длины.

Ключевые слова: кратковременная память, объем кратковременной памяти, длина алфавита стимулов, размерность сигнала.

Человеческая способность запоминать последовательность несвязанных между собой слов изучалась когнитивной психологией достаточно интенсивно на протяжении многих десятилетий. Исследования показали, что количество запоминаемого материала зависит от многих переменных. Например, от степени знакомства с материалом, длины списка, времени его произнесения и фонетического сходства элементов в списке. Даже простая задача немедленного воспроизведения предложенного списка стимулов, очевидно, задействует сложные когнитивные механизмы и процессы. Несмотря на интенсивное изучение природы этого явления, общепринятого теоретического подхода до сих пор не выработано. Большинство исследователей полагает, что существует некое кратковременное хранилище, куда информация поступает прежде, чем перейти в долговременную память. В зависимости от подхода и методики изучения это кратковременное хранилище выступает либо как кратковременная память (КП), либо как оперативная или рабочая память.

Одно из современных направлений построения модели функционирования памяти — «путь снизу» [1, с. 30], то есть от психофизиологических основ, наиболее общих фундаментальных законов деятельности мозга, например, представление кодирования поступающих сигналов пространственно-временными паттернами групповых импульсных разрядов [1–3]. Согласно этой модели, простые уравнения устанавливают связь между длиной алфавита воспринимаемых сигналов и объемом памяти на этот алфавит. При этом реальный объем КП, выраженный в информационных единицах, есть величина постоянная и равняется примерно 30 битам. Следовательно, объем КП есть величина, обратная зависимость от длины алфавита запоминаемых сигналов. Используя эту модель, можно установить предельные значения величин объема КП для алфавитов разной длины.

Такие выводы противоречат ранее полученным результатам. Дж. Миллер [4; 5] объем КП оценивает от 2 до 3 бит, что на порядок меньше предсказанного нейрофизиологической теорией. Им подробно анализируется гипотеза о

* Статья поступила в редакцию 15 апреля 2009 года.

взаимосвязи объема информации и числа удержанных в КП единиц: если объем КП определяется каким-либо пределом (определенное количество бит), то в ней можно удержать большее количество единиц с меньшей информацией и меньшее количество единиц с большей информацией, например, около 7 цифр, но только 2 или 3 английских слова. Приводятся результаты, противоречащие этой гипотезе (например [6]). Результаты предъявления испытуемым алфавитов различной длины (цифры от 0 до 1, цифры от 0 до 9, буквы, буквы и цифры вместе, 1000 английских слов) показали, что число запоминаемых стимулов не соответствует предсказаниям и примерно одинаково для разных алфавитов.

Экспериментальная проверка предсказаний нейрофизиологической модели КП была проведена Н.А. Скопинцевой [7] в серии аналогичных экспериментов, в которых испытуемым предъявлялись стимулы, состоящие из алфавитов различной длины: цифры 0 и 1; цифры от 0 до 5; цифры от 0 до 9, буквы. Для каждого из алфавитов было также подсчитано теоретическое предельное значение объема КП, согласно нейрофизиологической теории восприятия и

памяти по формуле, прямо следующей из нейрофизиологических предпосылок: $A^H=C$, где A – длина предъявляемого алфавита стимулов; H – объем КП (теоретический); C – физиологическая константа (9^9), значение которой вычисляется по соотношению средней и разностной частот колебаний нейронной активности в полосе доминирующего у человека ритма (около 10 Гц) [1; 2]. Результаты экспериментов для нескольких алфавитов и результаты расчета теоретических показателей приведены в таблице 1. Очевидно, что «полученные в опытах значения объемов памяти не достигают предельных, рассчитанных по уравнению» [7, с. 9], хотя похожи на результаты, приведенные в [5; 10, с. 122–123]). Авторы объяснили полученное расхождение тем, что в действительности у испытуемого активизируется не объективный, предъявляемый ему алфавит стимулов, а некий субъективный алфавит, который включает еще ряд ассоциаций, связанных с предъявляемым алфавитом [9, с. 11]. Тогда формула $A^H=C$ может быть представлена в виде $(A \cdot H)^H=C$, где $A \cdot H$ – длина субъективного алфавита. Результаты теоретических расчетов по этой формуле представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Сравнительная таблица теоретических и экспериментальных объемов КП

Алфавит	Длина алфавита	Объем КП, рассчитанный по формуле $A^H=C$	Объем КП, рассчитанный по формуле $(A \cdot H)^H=C$	Объем КП, полученный экспериментально в [8; 9]	Объем КП, полученный экспериментально в [5]
Цифры 0-1	2	28,529	7,355	7,5	9
Цвета	4	14,265	7,243	5,4	
Цифры 0-5	6	11,037	6,125	6,1	
Цифры 0-9	10	8,588	5,044	5,8	8
Двухцветные цифры	20	6,601	3,989	3,2	
Буквы	23	6,307	4,303		7
Буквы	29	5,873	5,527		
Буквы	33	5,656	5,656	4,5	
Буквы и цифры	43	5,258	3,487	4,2	
Пятицветные цифры	50	5,055	3,401	2,1	
Шестицветные цифры	60	4,830	3,667		
Шестицветные согласные	120	4,131	3,305		
Шестицветные буквы	174	3,833	3,137		
Однословные слова	1000	2,863	2,524		5

Последняя формула, безусловно, дает самые похожие на эмпирические данные прогнозы. Тем не менее, экспериментальная проверка полученных выводов показала ряд противоречивых результатов. Объем кратковременной памяти для алфавита из 4 символов (цвета) оказался меньше,

чем для алфавита из 6 символов (цифры от 0 до 5) [1]. Объемы кратковременной памяти при слуховом и зрительном предъявлении одинакового стимульного материала (цифры от 0 до 9) различаются [1, с. 39], хотя по предсказаниям должны совпадать. Группировка символов в

пары или тройки ведет к увеличению объема запоминаемого материала, хотя длина исходного алфавита остается неизменной [1, с. 38]. Если же предположить, что пары или тройки цифр образуют свой алфавит, то его длина сильно увеличивается, и, следовательно, существенно должен уменьшиться объем КП, что также противоречит экспериментальным данным.

В ряде проведенных Н.А. Скопинцевой экспериментов испытуемые отвечали, нажимая соответствующие клавиши на клавиатуре, в других экспериментах это сделать невозможно (например, предъявление цветов, слов, слогов). Кроме того, с увеличением длины алфавита увеличивается и время поиска нужной клавиши, что также может привести к потере части информации в кратковременной памяти. В психологии памяти хорошо известно, что объем КП сильно зависит от методики измерения [9]. В зависимости от того, насколько строгие меры предпринимаются экспериментаторами для удержания испытуемых от повторения стимульного материала или группировки, получаются различные результаты измерений.

Разница в объеме КП для цифрового и буквенного материала хорошо известна. Различия в объемах цифровой и буквенной КП объясняются большим фонетическим сходством названий букв, чем цифр (а в кратковременной памяти осуществляется преимущественно акустическое кодирование). Отбор в качестве стимульного материала букв с различным звучанием приводит к тому, что в этом случае объем КП сравнивается с объемом КП для цифрового материала.

Необычным результатом в работах Н.А. Скопинцевой является существенное уменьшение объема КП при увеличении мерности алфавита. Дж. Миллер, наоборот, приводит достаточно много данных, свидетельствующих об увеличении количества запоминаемых сигналов при увеличении мерности алфавита: люди способны запомнить и различить больше звуков в том случае, когда меняется их громкость и высота тона, чем в случае, когда меняется что-либо одно; то же можно сказать и о различении цветов, когда меняется и оттенок, и насыщенность, и т.д.

Противоречивость полученных результатов и расхождение их с другими аналогичными измерениями [5; 9] требуют дополнительной проверки в экспериментах, где условия предъявления материала одинаковы, а меняется только длина алфавита. Если действительно длина алфавита имеет значение, то при одинаковых

условиях предъявления объем КП будет больше для коротких алфавитов. Если же существует некое физиологическое ограничение вместимости кратковременного хранилища, то его объем будет определяться либо количеством единиц, либо длительностью и будет одинаков для алфавитов разной длины.

Для исследования предлагается взять алфавиты разной длины: десятичный алфавит (цифры от 0 до 9); алфавит, состоящий из букв русского алфавита; и алфавит, состоящий из согласных букв русского алфавита. Если в результате исследования будут получены самые высокие показатели объема кратковременной памяти для наименьшего алфавита и самые низкие для самого длинного алфавита стимулов, можно будет говорить о нейрофизиологической модели памяти. Предполагается также проверить, как повлияет изменение цвета символов алфавита (введение дополнительного измерения) на объем КП.

В исследовании приняли участие 60 студентов БГПУ. Для проведения экспериментов был использован «генератор экспериментов» SuperLab LT (версия 2.01 для PC), позволяющий измерять время реакции и предъявлять стимулы на определенный промежуток времени. Испытуемым предъявлялись последовательности различных символов (цифры или буквы) разной длины. Для проверки зависимости объема памяти от размера алфавита в первом эксперименте было выбрано три алфавита различной длины: цифры от 0 до 10; согласные буквы русского языка (20 из 33-х); согласные и гласные буквы русского языка (29 из 33-х). Буквы «ъ», «ь», «й», «е» исключались. Для второй серии эксперимента применялись те же три алфавита, но предъявляемые стимулы были цветными, а не монохромными. Использовались 6 цветов, но инструкция для испытуемых не изменилась: им по-прежнему надо было воспроизвести предъявленную последовательность букв или цифр, не указывая, какого цвета были символы.

Длина последовательности символов изменялась от 4 до 10. Каждая серия эксперимента состояла из 21 предъявления – по 3 на каждый набор символов, который постепенно увеличивался от 4 до 10. Символы (черного цвета в первом эксперименте и цветные – во втором) предъявлялись на белом экране по одному с интервалом в 1000 мс. Все символы выбирались случайным образом и с равной вероятностью.

Порядок предъявления стимулов во всех наборах был случайным.

Эксперимент проводился в лаборатории экспериментальной психологии факультета психологии БГПУ. Каждый испытуемый тестировался индивидуально. Для избегания влияния утомления было использовано полное позиционное уравнивание порядка предъявления серий эксперимента (всего 6 порядков). Каждый порядок предъявлялся пяти испытуемым. После окончания предъявления набора стимулов испытуемые должны были воспроизвести последовательность в устной форме. Экспериментатор отмечал

ответ на специально для этого подготовленном бланке ответов.

Для каждого испытуемого был подсчитан объем кратковременной памяти для каждого алфавита стимулов. Под объемом памяти понималось максимальное число элементов запоминаемого материала, которое воспроизводится сразу после однократного предъявления с учетом позиции элемента в ряду предъявленных стимулов хотя бы в одном из трех испытаний. Результаты измерений всех трех серий первого эксперимента представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Объем КП для алфавитов различной длины и размерности

Алфавит	Длина алфавита	Объем КП, методика полного воспроизведения (среднее±станд.ошибка)
Цифры 0-9	10	7,40±0,22
Согласные буквы	20	6,33±0,21
Буквы	29	9,17±0,25
Шестицветные цифры	60	6,97±0,22
Шестицветные согласные	120	6,00±0,21
Шестицветные буквы	174	8,57±0,25

Самый большой объем кратковременной памяти получен для согласных и гласных букв русского языка – 9,17 символа, наименьший – для согласных букв русского языка – 6,33 символа. Однофакторный дисперсионный анализ для связанных выборок показал, что существует значимая зависимость объема памяти от качественных характеристик алфавита ($F(2,58)=63,10$, $p<0,0001$), что свидетельствует о том, что объем кратковременной памяти неодинаков для алфавитов разной длины. Апостериорный критерий Тьюки показал, что все условия переменной «длина алфавита» различаются статистически значимо, следовательно, испытуемые могут запомнить гораздо больше цифр, чем согласных, и гораздо больше букв, чем цифр.

Целью второго эксперимента была проверка влияния изменения цвета сигналов алфавита на объем измеряемой памяти. Его результаты также представлены в таблице 2. Как и в первом эксперименте, самый большой объем кратковременной памяти получен для согласных и гласных букв русского языка – 8,57 символа, наименьший – для согласных букв русского языка – 6,00 символа. Однофакторный дисперсионный анализ для связанных выборок показал, что существует значимая зависимость памяти от качественных характеристик алфавита ($F(2,58)=43,96$, $p<0,0001$), что свидетельствует

о том, что объем кратковременной памяти неодинаков для алфавитов разной длины. Апостериорный критерий Тьюки подтвердил, что все условия переменной «длина алфавита» различаются статистически значимо, следовательно, и в этом случае испытуемые могут запомнить гораздо больше цифр, чем согласных, и гораздо больше букв, чем цифр.

Двухфакторный дисперсионный анализ, проведенный для данных двух экспериментов сразу, показал, что взаимодействия между длиной алфавита и цветом стимулов нет ($F(2,116)=0,26$, $p=0,77$), следовательно, нет разницы в запоминании монохромных и цветных стимулов.

Полученные данные противоречат предсказаниям модели нейрофизиологической модели памяти. В самом деле, если длина алфавита имеет значение, то минимальный объем КП должен был получиться для букв, а максимальный – для цифр. Следовательно, не длина алфавита и не мерность сигнала имеют решающее значение. Очевидно, что возможность более легкой группировки в слоги при наличии гласных букв приводит к увеличению показателя объема КП. Труднее всего группировать (и мысленно проговаривать) согласные буквы, поэтому объем КП для них получился минимальным.

Сравнительный анализ результатов различных экспериментов показывает, что и при других

методиках измерения (например, метод частично-воспроизведения [15]) получаются похожие результаты: все буквы запоминаются лучше, чем только согласные. Существует, однако, достаточно большая разница в объеме КП, полученном при применении различных методик измерения. Большая или меньшая возможность группировки либо повторения про себя приводит к значительным изменениям в определении объема КП.

Сравнение результатов, полученных в экспериментах, с результатами Н.А. Скопинцевой, показывает, что нами были получены гораздо более высокие значения для объема КП.

Введение дополнительного измерения – цвета символа – не привело к изменению объема КП, в отличие от результатов, представленных Н.А. Скопинцевой [7]. Возможно, если бы испытуемым надо было воспроизводить и саму последовательность символов, и их цвет, то результаты были бы другие, но данная методика измерения объема КП не является подходящим инструментом для этого, так как воспроизведение, возможно, потребует превосходящего длительность КП времени.

Таким образом, полученные результаты не согласуются с предсказаниями теории кодирования сигналов паттернами разрядов нейронов, поскольку самый большой объем кратковременной памяти получен для алфавита самой большой длины. Следовательно, можно утверждать, что объем памяти не зависит от длины алфавита стимулов. Противоречивость полученных Н.А. Скопинцевой результатов и их несогласованность с теоретическими предсказаниями нейрофизиологической теории восприятия и памяти человека также делают эту теорию в предложенном виде неудачной альтернативой имеющимся моделям.

Объем кратковременной памяти скорее определяется методикой измерения и подбором стимульного материала, чем длиной объективного либо субъективного алфавита стимулов, так как одна и та же методика дает постоянные результаты объема КП для разных алфавитов, а разные методики измерения – разные объемы КП для одних и тех же алфавитов стимулов.

Таким образом, описаны эксперименты по измерению объема кратковременной памяти для алфавитов разной длины и размерности. Под объемом памяти понималось максимальное число элементов запоминаемого материала, которое воспроизводится сразу после однократно предъявления с учетом позиции элемента в

ряду предъявленных стимулов. Результаты статистического анализа позволили сделать вывод, что взаимодействия между длиной алфавита и мерностью сигнала нет. Следовательно, и монохромные, и цветные стимулы запоминаются одинаково хорошо. Было также установлено, что объем кратковременной памяти неодинаков для алфавитов разной длины. Испытуемые запоминали гораздо больше цифр, чем согласных, и гораздо больше букв, чем цифр. Полученные результаты не согласуются с предсказаниями теории кодирования сигналов паттернами разрядов нейронов, так как самый большой объем кратковременной памяти получен для алфавита самой большой длины. Следовательно, можно утверждать, что объем памяти определяется скорее методикой измерения, а не длиной алфавита или мерностью сигнала.

ЛИТЕРАТУРА

1. Лебедев, А.Н. О нейрофизиологических основах восприятия и памяти / А.Н. Лебедев // Психол. журн. – 1992. – № 2. – С. 30–42
2. Лебедев, А.Н. О зависимости объема памяти от размера алфавита стимулов / А.Н. Лебедев, Н.А. Скопинцева // Психол. журн. – 2003. – № 3. – С. 80–93.
3. Лебедев, А.Н. Психофизиология памяти / А.Н. Лебедев // Основы психофизиологии. – М.: Инфра-М, 1997. – С. 129–142.
4. Миллер, Дж. А. Магическое число семь плюс или минус два. О некоторых пределах нашей способности перерабатывать информацию / Дж. А. Миллер // Психология памяти / под ред. Ю.Б. Гиппенрейтер и В.Я. Романова. – М.: ЧеРо, 1998. – С. 564–582.
5. Miller, G.A. The magical number seven, plus or minus two: Some limits on our capacity for processing information / G.A. Miller // Psychological Review. – 1956; 1963. – P. 81–97.
6. Pollack, I. Running memory span / I. Pollack, I.B. Johnson, P.R. Knaff // Journal of Experimental Psychology. – 1959. – V. 57. – P. 137–146.
7. Скопинцева, Н.А. Количественные закономерности кратковременной памяти: автореф. дисс. ... канд. психол. наук: 000000 / Н.А. Скопинцева; РАН. – М., 1994. – 21 с.
8. Бочарова, С.П. Психология и память. Теория и практика для обучения и работы / С.П. Бочарова. – Харьков: изд-во Гуманитарного Центра, 2007. – 384 с.
9. Cowan, N. The magical number 4 in short-term memory: A reconsideration of mental storage capacity / N. Cowan // Behavioral and Brain Sciences. – 2001. – No. 24. – P. 87–114.
10. Радчикова, Н.П. Объем памяти и размер алфавита стимулов / Н.П. Радчикова // Психол. журн. – 2008. – Том 29. – № 4. – С. 76–83.