

ТЕСТ ПО ОПРЕДЕЛЕНИЮ ОБЪЕМА ОПЕРАТИВНОЙ ПАМЯТИ: ИСТОРИЯ И СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ

О.В.Федорова
(Москва, МГУ)
olja@bull.nmd.msu.ru

Ключевые слова: когнитивная психология, оперативная память, объем оперативной памяти, психолингвистика.

За сто с лишним лет, прошедших со времени первых научных экспериментов Эббингауза (1885) над человеческой памятью, сама методика проведения подобных экспериментов не претерпела особых изменений: в ходе такого эксперимента испытуемый слушает последовательность из бессмысленных слогов или ряд цифр, которые должен потом повторить. Путем многократных попыток установлено, что число случайных стимулов, которые взрослый испытуемый может без ошибок воспроизвести, равно семи. Так родилась известная идея о существовании магического числа семь (Miller 1956). Однако в работах современных когнитивных психологов как более реальное число чаще упоминается четыре (Cowan 2001). В настоящее время эта методика используется не столько как процедура заучивания, как это было предложено Г. Эббингаузом, а как способ разделения памяти на два блока: долговременную и кратковременную (последнюю после работ А. Бэддели 80-ых годов часто называют рабочей или оперативной). Большинство когнитивных психологов ставили тогда во главу угла изучение индивидуальных различий в объеме оперативной памяти разных людей; кроме того, надо было каким-то образом связать оперативную память с процессом реального чтения. Для этих целей была разработана новая методика (Daneman & Carpenter 1980), при которой испытуемый запоминает не бессмысленные слоги, а последнее слово каждого прочитанного им предложения. Объем оперативной памяти определялся авторами как максимальное количество предложений, последнее слово которых испытуемый в состоянии запомнить. За прошедшие двадцать лет было проведено немало таких экспериментов, а сама процедура стала общепринятой, однако подавляющее большинство исследований проводится на англоговорящих испытуемых. Настоящее исследование посвящено описанию разработки и проведения аналогичного эксперимента на русском материале.

I. История создания

В 1980 году в работе (Daneman & Carpenter 1980) была предложена методика определения объема рабочей (оперативной) памяти, которая и используется в настоящее время. Она состояла в следующем. Испытуемые должны были вслух читать серии предложений и затем повторять последнее слово каждого предложения. Тест состоял из 60 предложений, каждое было длиной от 13 до 16 слов. Все последние слова предложений отличались друг от друга. Каждое предложение было напечатано в центре карточки размером 5 на 8 дюймов. Карточки были распределены на группы по 2, 3, 4, 5 и 6 предложений, по три группы каждого размера. Бланковая (пустая) карточка обозначала конец одной группы и начало следующей.

Экспериментатор выкладывал перед испытуемым по одной карточке. Как только испытуемый заканчивал чтение этой карточки, экспериментатор накрывал ее следующей. Процедура повторялась до тех пор, пока экспериментатор не клал перед испытуемым бланковую карточку, что было сигналом того, что испытуемый должен повторить последнее слово каждого предложения этой группы в том порядке, в котором они им были прочитаны и с точностью до словоформы. Испытуемые предупреждались, что количество предложений в серии будет неуклонно возрастать. Эксперимент продолжался до тех пор, пока испытуемый мог воспроизвести не меньше двух из трех групп на данном уровне. В противном случае эксперимент заканчивался и объем оперативной памяти испытуемого считался равным последнему уровню, на котором испытуемый смог воспроизвести две из трех предложенных ему серий.

II. Текущее состояние дел

В настоящее время существует много различных методик проведения данного эксперимента; количество предложений для этого теста сейчас обычно равно 70; эти предложения разделены на двадцать групп; пять групп состоят из двух предложений в каждой группе, пять групп – из трех предложений в каждой группе, пять – из четырех предложений и пять – из пяти предложений в каждой группе.

Сравнительный анализ трех из существующих методик был представлен в недавней работе (M.Walenski et al. 1997). В данном исследовании авторы предлагали тридцати испытуемым-студентам три раза пройти один и тот же тест на определение объема оперативной памяти, варьируя модальность (визуальное vs. аудиторное предъявление стимулов) и методику его проведения:

1. Визуальное предъявление: чтение «про себя». В этом случае испытуемый читал один раз предложение «про себя», затем переворачивал страницу и читал следующее предложение.

2. Визуальное предъявление: чтение вслух. В этом случае испытуемый читал один раз предложение вслух, затем переворачивал страницу и читал следующее предложение.

3. Аудиторное предъявление. В этом случае испытуемый слушал предложения, записанные на диктофон с регулярными интервалами.

Как и в классическом эксперименте Daneman & Carpenter (1980), испытуемые в конце каждой группы записывали последнее слово каждого предложения данной группы. Важное отличие от методики Daneman & Carpenter состояло в том, что независимо от текущих результатов теста испытуемые всегда доводили его до конца.

Порядок прохождения этих тестов был сбалансирован, т.е. десять студентов проходили тесты в порядке **Read aloud, Read silently, Auditory**; десять студентов в порядке **Read silently, Auditory, Read aloud**, а десять оставшихся в порядке **Auditory, Read aloud, Read silently**. Интервал между испытаниями составлял примерно две недели, что вполне достаточно для того, чтобы успеть забыть стимульный материал.

Результаты, полученные в ходе этого эксперимента, обрабатывались тремя различными способами:

Подсчет 1: (эквивалентен подсчету в классическом эксперименте Daneman & Carpenter) испытуемый получал один балл, если по крайней мере три из пяти групп последних слов предложений данного уровня были воспроизведены правильно. Если правильно было воспроизведено только две из пяти групп, испытуемый получал полбалла.

Подсчет 2: испытуемый получал по баллу за каждое правильно воспроизведенное слово, независимо от размера группы и правильности воспроизведения других слов данной группы.

Подсчет 3: испытуемый получал балл за каждое правильно воспроизведенное слово только в том случае, когда все остальные слова данной группы были воспроизведены правильно.

Таким образом, данное исследование предполагало сравнение не только методик проведения эксперимента, но и методик подсчета его результатов.

Результаты, обчисленные для трех методик проведения эксперимента по трем способам подсчета результатов, представлены в таблице 1:

Таблица 1. Подсчет результатов экспериментов из работы (M.Walenski et al. 1997).

	Score 1	Score 2	Score 3
Auditory	4,12	61,07	44,67
Read silently	3,67	58,67	38,43
Read aloud	2,95	50,03	26,63

Порядок прохождения испытуемыми тестов не повлиял на конечные результаты; также не повлиял на них и способ подсчета результатов. Однако значимые различия были зафиксированы для всех трех типов экспериментальных методик (что особенно важно - одинаково для всех типов подсчета результатов): самые высокие результаты были продемонстрированы, когда испытуемые воспринимали предложения на слух, самые низкие – когда они сами читали их вслух.

Таким образом, для будущих исследований были выявлены следующие важные результаты:

- модальность выполнения теста существенно влияет на получаемые результаты;
- различия в методах подсчета результатов не оказывают значимого влияния на получаемые результаты.

III. Изучение на русском материале

В 2001-2003 годах для проведения учебных экспериментов в курсе «Психолингвистика» на отделении Теоретической и Прикладной Лингвистики филфака МГУ был разработан русскоязычный вариант описанного выше теста на определение объема оперативной памяти. Список из 70 предложений-стимулов был собран из различных по жанру источников современного русского языка, средняя длина предложений была 14,78 слов с разбросом от 12 до 18 слов. Разработанный эксперимент проводился при помощи студентов отделения (в частности, в настоящей работе используются результаты курсовых работ И.Каргиной, А.Семенова, Д.Митрофановой и К.Андреевой). Приведем в качестве примера первые пять предложений первого русскоязычного теста:

1. Банк, принимая средства от клиента на срочный депозит, должен сам их как-то **использовать**.
2. Вспомнив об анархистах, он вздрогнул, но, как это ни стыдно, обрадовался, что от них **сбежал**.
3. Митюшин впустил его, но так как был сильно навеселе, сначала не обратил внимания на его искаженное **лицо**.
4. Голосование тем не менее случится недели через две, когда завершатся официально объявленные для конкурса **сроки**.
5. Всякое значение Испания уже потеряла: у нее не осталось более ничего, кроме инквизиции да прогнивших **кораблей**.

Как можно видеть из вышеизложенного, существует много различных методик как проведения данного теста, так и анализа полученных результатов. Остановимся теперь подробнее именно на методиках проведения эксперимента и исчислим все возможные варианты. Мы будем выделять следующие четыре основных параметра:

I. Модальность предъявления стимульного материала. Здесь мы будем различать:

- читать вслух,
- читать «про себя»,
- слушать.

II. Носитель стимульного материала:

- бумажный носитель или использование магнитофона в случае аудиторного варианта,
- электронный носитель - компьютер.

III. Модальность ответа:

- устный ответ, при этом экспериментатор фиксирует правильные и неправильные ответы,
- письменный ответ, при котором испытуемый сам вписывает слова в анкету.

IV. Стимульный материал:

- различные жанры русской прозы; предложения длиной от 12 до 18 слов, со средней длиной предложения 15.
- различные жанры русской прозы с уменьшением средней длины предложения до 12 слов.
- различные жанры русской прозы со средней длиной предложения 15, но со значимым уменьшением средней длины слов в предложениях.

Таким образом получается, что если бы мы поставили себе задачу сравнить все исчисленные выше методики между собой, нам пришлось бы проводить 36 подобных экспериментов. В данной работе мы ограничимся кратким сопоставлением лишь нескольких.

1-ый пример. 1.1.1.1. (т.е. чтение вслух, бумажный носитель, устный ответ и первый стимульный материал). Методика проведения эксперимента состояла в следующем. Экспериментатор переворачивал перед испытуемым буклет, в центре каждой страницы которого было написано одно предложение. До последнего момента Экспериментатор загораживал пальцем последнее слово предложения, чтобы испытуемый не мог стараться его запомнить во время чтения. Испытуемый должен был произносить каждое предложение вслух, а при появлении бланковой страницы повторить последнее слово каждого предложения из данной серии с точностью до словоформы. Предложения в группе считались повторенными правильно, если воспроизводился как порядок их предъявления, так и словоформы. За каждую правильно воспроизведенную группу слов испытуемому прибавлялся балл только в том случае, если все слова в данной группе были повторены правильно. Таким образом, методика данной модификации теста была **Чтение вслух + Устный ответ**, а методика подсчета результатов (**Подсчет 4**)

повторяла еще одну современную методику, согласно которой результаты эксперимента обсчитываются в процентах, и каждый балл, полученный за правильно воспроизведенную группу, эквивалентен 5%.

Всего в трех сериях экспериментов, проведенных по данной методике, приняло участие 90 человек. Первая серия дала в качестве среднего 45,3% с разбросом от 25 до 80 процентов. Данные второй серии эксперимента приведены в таблице 2:

Таблица 2. Результаты второй серии экспериментов по первой методике.

№	Возраст	Пол	Рез-т (%)	№	Возраст	Пол	Рез-т (%)
1	18	Ж	70	16	44	М	45
2	44	Ж	40	17	18	М	40
3	49	М	35	18	22	Ж	75
4	28	Ж	60	19	29	Ж	75
5	23	Ж	30	20	31	Ж	80
6	21	Ж	55	21	41	М	60
7	33	М	40	22	43	М	25
8	45	М	50	23	18	Ж	85
9	30	М	40	24	21	М	75
10	16	Ж	55	25	18	Ж	75
11	18	Ж	30	26	20	Ж	70
12	68	Ж	25	27	39	Ж	35
13	24	Ж	35	28	53	Ж	45
14	70	М	50	29	37	Ж	35
15	19	Ж	40	30	22	Ж	40

Во второй серии эксперимента среднее получилось выше - 50,5% при разбросе от 25 до 85 процентов. Третья серия экспериментов дала еще более высокое среднее значение - 56,3% с разбросом от 25 до 100 процентов. Среднее значение по всем трем сериям экспериментов равно 50,7%.

Полученные результаты были обсчитаны по всем четырем методикам, после чего при помощи коэффициента ранговой корреляции Спирмена был еще раз подтвержден вывод о независимости результатов от методики их подсчета - во всех попарных сравнениях результатов коэффициент оказался близок к единице. Поэтому в дальнейшем изложении мы для удобства будем использовать только результат, подсчитанный в процентах.

2-ой пример. 3.1.1.1. Данный эксперимент был проведен следующим образом. Испытуемые слушали предложения, записанные на диктофон; паузы между предложениями составляли 3сек, паузы при переходе к новой группе предложений - 6сек. В конце каждой группы записанный на диктофоне голос сообщал испытуемому о необходимости повторить группу последних слов только что прослушанных предложений. Испытуемый произносил вслух данную последовательность, в то время как Экспериментатор записывал результаты в специальную анкету. Количество испытуемых составило 30 человек, в таблице 3 частично представлены результаты данного эксперимента.

Таблица 3. Результаты эксперимента по второй методике.

№	Возраст	Пол	Рез-т (%)	№	Возраст	Пол	Рез-т (%)
1	24	М	100	9	21	Ж	100
2	23	М	100	10	21	Ж	95
3	27	М	45	11	23	Ж	75
4	20	М	85	12	21	Ж	75
5	25	М	80	13	20	Ж	75
6	24	М	85	14	27	Ж	70
7	21	М	100	15	25	Ж	60
8	22	М	80	16	25	Ж	95

Среднее значение, полученное в ходе проведения эксперимента по второй методике, равно 79,5%.

3-ий пример. 2.2.2.1. Данный эксперимент был проведен следующим образом: стимулы были представлены визуально на компьютере при помощи программы PowerPoint; испытуемые читали предложения «про себя» и записывали ответы в специальных анкетах. Паузы между стимульными предложениями и группами регулировались

самими испытуемыми, которые нажимали на кнопку пробела. В таблице 4 частично представлены результаты данного эксперимента.

Таблица 4. Результаты эксперимента по третьей методике.

№	Возраст	Пол	Рез-т (%)	№	Возраст	Пол	Рез-т (%)
1	19	М	90	9	19	М	55
2	23	М	80	10	19	Ж	50
3	47	Ж	85	11	19	Ж	50
4	25	Ж	70	12	25	М	45
5	46	Ж	55	13	19	М	55
6	20	Ж	55	14	48	М	40
7	19	М	55	15	42	Ж	40
8	44	Ж	50	16	19	Ж	15

Среднее значение, полученное в ходе проведения эксперимента по третьей методике с 30 испытуемыми, равно 50%.

Сопоставим теперь результаты проведенных тестов. Из 150 испытуемых 90 человек проходили тест по первой методике (результат - 50,7%), по 30 человек – по второй (результат – 79,5%) и третьей (50%). В отличие от данных, приводимых в работе (M.Walenski et al. 1997), результат теста на чтение «про себя» получился даже чуть хуже результата чтения вслух, что, скорее всего, можно объяснить недостаточностью второй выборки. Заключение же авторов цитируемой работы о независимости результатов от типа их обработки полностью подтвердилось и на русском материале.

IV. Определение объема оперативной памяти: зачем это нужно психолингвисту?

Определение объема оперативной памяти долгие годы считалось задачей когнитивных психологов, однако в последние десятилетия описанные выше методики очень часто используются и в психолингвистических работах. В первую очередь это связано с тем, что, как оказалось, объем оперативной памяти напрямую связан со многими особенностями языкового поведения испытуемых. Еще в работе Daneman & Carpenter (1980) была установлена значимая зависимость между объемом оперативной памяти испытуемых и их способностью выполнять другие лингвистические задания, требующие обращения к оперативной памяти. Так, например, испытуемые читали небольшие (примерно 140 слов) отрывки текста и должны были правильно установить antecedenta местоимения, которое было в последнем предложении данного отрывка (см. примеры 1 и 2).

(1) *Teenager Passage (Distance 6)*

Sitting with Richie, Archie, Walter and the rest of my gang in the Grill yesterday, I began to feel uneasy. Robbie had put a dime in the juke box. It was blaring one of the latest "Rock and Roll" favorites. I was studying, in horror, the reactions of my friends to the music. I was especially perturbed by the expression on my best friend's face. Wayne looked intense and was pounding the table furiously to the beat. Now, I like most of the things other teenage boys like. I like girls with soft blonde hair, girls with dark curly hair, in fact all girls. I like milkshakes, football games and beach parties. I like denim jeans, fancy T-shirts and sneakers. It is not that I dislike rock music but I think it is supposed to be fun and not taken too seriously. And here he was, "all shook up" and serious over the crazy music.

Question: *Who was "all shook up" and serious over the music?*

(2) *Animal Passage (Distance 2)*

It was midnight and the jungle was very still. Suddenly the cry of a wolf pierced the air. This anguished note was followed by a flurry of activity. All the beasts of the jungle recognized that an urgent meeting had been summoned by the lion, their king. Representatives from each species made rapid preparations to get to the river clearing. This was where all such emergency assemblies were held. The elephant and tiger were the first to arrive. Next came the gorilla, panther and snake. They were followed by the owl and the crocodile. The proceedings were delayed because the leopard had not shown up yet. There was much speculation as to the reasons for the midnight alarm. Finally he arrived and the meeting could commence.

Question: *Who finally arrived?*

Первое упоминание этого персонажа встречалось в разных текстах на разном расстоянии от последнего предложения, их разделяло от двух до семи предложений. Оказалось, что испытуемые с большим объемом

оперативной памяти выполняют данное задание значительно лучше, чем испытуемые с меньшим объемом (см. рис. 1).

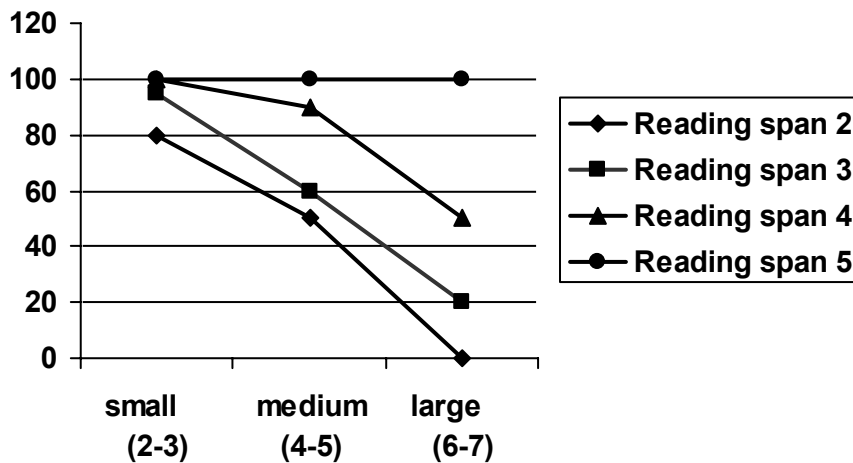


Рис. 1. Процент правильных ответов как функция от расстояния от местоимения до его antecedента (рисунок взят из работы (Daneman & Carpenter 1980)).

Второй пример взят из работы (King and Just 1991). В данной работе было показано, что при экспериментах по методике чтения с саморегулировкой скорости предложения с относительными придаточными типа приведенных ниже (цитируется по (Caplan & Waters 1998)

(3) *The boy that the girl pushed kissed the baby*

(4) *The girl pushed the boy that kissed the baby*

по-разному понимались испытуемыми с разным объемом оперативной памяти. В этом задании предложения первого типа труднее понимаются, чем предложения второго типа, соответственно, на их понимание затрачивается больше времени. Авторы исследования показали, что максимальные различия между испытуемыми с большим и небольшим объемами оперативной памяти приходится как раз на критические для понимания этих предложений точки. Аналогичные результаты были получены и при исследованиях процесса понимания при устной модальности задания.

Таким образом оказалось, что объем оперативной памяти человека оказывает большое влияние на его способность понимать прочитанное или услышанное. Именно по этой причине в последнее время тест по определению объема оперативной памяти все чаще используется в качестве вспомогательного для разделения будущих испытуемых на группы в зависимости от объема их оперативной памяти.

Литература

- Caplan, D., Waters, G. (1998) Verbal Working Memory and Sentence Comprehension. BBS target article.
- Cowan, N. (2001) The Magical Number 4 in Short-term Memory: A Reconsideration of Mental Storage Capacity. Behavioral and Brain Sciences, 24.
- Daneman, M. & Carpenter, P. (1980) Individual differences in working memory and reading, Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior, 19, 450-466.
- Miller, G.A. (1956). The magical number seven, plus or minus two: Some limits on our capacity for processing information. Psychological Review, 63, 81-97.
- Walenski, M. Figueroa, S., Swinney, D. (1997) The Sentence Memory Task. Proceedings of 10th Annual CUNY Conference on Human Sentence Processing, Los Angeles, 76.