

АНАЛИЗ ПСИХОФИЗИОЛОГИЧЕСКИХ ОСОБЕННОСТЕЙ ЧЕЛОВЕКА-ОПЕРАТОРА НА ОСНОВЕ МОДЕЛИРОВАНИЯ ВЗАИМОЗАВИСИМОСТИ ПАМЯТИ И ДЕЯТЕЛЬНОСТИ. I

Э. В. Утеуш

Различают два типа деятельности человека-оператора и рассматривают их на этапах информационного поиска и обслуживания, причем в кибернетических системах «человек и автомат» (СЧА) и «человек-машина» (СЧМ) информационный поиск производят либо с немедленным, либо с отставленным обслуживанием [1]. В этих типах деятельности по-разному используется память, хотя в обоих участвуют все ее виды. Информационный поиск с немедленным обслуживанием сводит до минимума число временных структурных образований памяти и поэтому дает основную нагрузку на долговременную накопительную память, с которой остальные виды памяти имеют многостороннюю и многоступенчатую взаимосвязь. Информационный поиск с отставленным обслуживанием, кроме долговременной памяти, вовлекает в интенсивную работу (в качестве буферной памяти) оперативную память (ОП), связанную с обслуживанием текущей деятельности [1].

Любая деятельность оператора требует участия непосредственной памяти (НП), занимающей по емкости и времени запоминания промежуточное положение между ОП и мгновенной памятью (МП) в предлагаемой нами классификации буферной краткосрочной памяти (КП). Непосредственная память исследовалась Сперлингом [2, 3], установившим время хранения в ней информации — около 0,5 сек. Это время немногим больше, чем в мгновенной, однако меньше, чем в оперативной памяти. В оперативной памяти время сохранения, как полагают некоторые авторы [4], равно нескольким секундам или минутам. Пока еще не установлено, имеются ли промежуточные виды буферной памяти, которые взаимодействуют с НП при переходе информации из НП в ОП. Нет данных и о промежуточных видах памяти в цепи преобразования информации МП — НП.

Гипотеза автора данной статьи о буферной КП и о свойствах МП, НП и ОП как разных ее видов была принята в качестве рабочей гипотезы в исследованиях психофизиологических особенностей оператора. Предпринята также попытка найти общие для системы памяти свойства, [5, 6], а при моделировании предполагалась взаимосвязь видов буферной памяти на том основании, что структура ее образуется из объединенного одним информационным потоком ряда уровней памяти и составляется в последовательности: память рецепторов — МП—НП—ОП.

Буферная КП имеет ограниченную емкость и длительность сохранения информации, однако для обеспечения текущей деятельности обычно используется лишь часть объема буферной памяти, причем в процессы регуляции вовлекается различный ее объем — от емкости МП до всей емкости ОП. Бесспорно, что чем больше информации требуется для обеспечения текущей деятельности, тем более высокие уровни буферной

КП используются. После того как количество информации превысит некоторое критическое значение, вся буферная память будет вовлечена в обеспечение текущей деятельности, но структура памяти в контурах регуляции останется неизменной. В связи с этим при дальнейшем росте скорости поступления информации к оператору не улучшается качество работы и адаптивность оператора к входной информации — напротив, с увеличением темпа работы результаты деятельности снижаются. Аналогично «в случае большого числа объектов, требующих обслуживания, возможна ситуация, при которой оператор не может установить очередность обслуживания либо начнет обслуживать объекты без учета их сравнительной значимости» [1]. Поэтому при отставленном обслуживании с включением в системы регуляции старших уровней, например оперативной памяти, качество работы оператора достигает максимально возможных показателей.

Поскольку предельный объем буферной памяти, который может быть включен в работу, зависит от возраста человека, то в соответствии с принятой нами концепцией эта зависимость является нелинейной и монотонно возрастающей. Для характеристики зависимости можно, приняв ряд допущений, считать в первом приближении моделью процесса развития буферной памяти последовательную цепь инерционного и транспортно звеньев с временем запаздывания в один год. Исходя из неравномерности развития и многоступенчатости памяти, при дальнейшем уточнении модели следует использовать гипотезу о буферной памяти как о многоемкостном объекте.

Наши выводы об иерархичности памяти подтверждаются экспериментальными исследованиями А. Н. Леонтьева [7]. Используем полученные им в массовых исследованиях графики зависимости числа воспроизведенных слов от возраста испытуемого. Так как деятельность испытуемого в этих опытах адекватна режиму отставленного обслуживания, то свойства буферной памяти были ограниченными и объем буферной памяти определял результаты деятельности. Если принять за обобщенный критерий для характеристики объема буферной памяти число воспроизведенных слов или процент их от числа слов, предъявляемых испытуемому для запоминания, то величина этого критерия определит объем буферной памяти. Анализируя данные А. Н. Леонтьева, находим, что буферная память достигает 80% максимально возможного объема у испытуемых к одиннадцати годам, 90% — в пятнадцать лет и 96% — в двадцать пять. В целом модель развития буферной памяти человека характеризуется как многоемкостный объект с самовыравниванием и с временем разгона $T_a = 4,2$ года.

В описанных экспериментах правильность подхода к моделированию динамических свойств памяти подтверждается снятым графиком переходного процесса. График является кривой разгона, так как отражает изменение выходной величины процесса развития памяти при скачкообразном возмущающем воздействии на входе. Метод снятия кривых разгона можно использовать для экспериментального исследования также других форм памяти — краткосрочной и долговременной. Исследования долговременной памяти обусловливают, как это было ранее показано, организацию деятельности человека-оператора в режиме немедленного обслуживания. Если реакция человека с некоторого момента времени должна заключаться в выполнении небольшого числа однотипных операций, то скачкообразным входным воздействием является инструкция, или описание системы операций, а выходной величиной — обученность человека выполнению инструкции, т. е. навык.

Рассматриваемая методика исследований применена к эксперимен-

тальной работе В. А. Артемова, посвященной изучению процесса выработки навыков [8]. В опытах этого автора испытуемые учились надевать кольца на специально изогнутую проволоку, укрепленную на подставке. Их деятельность оценивалась количеством очков, соответствующим времени надевания каждого отдельного кольца. Процесс выработки навыка характеризуется кривой разгона (рис. 1), являющейся, по В. А. Артемову, типичной кривой упражнения [8]. Если не учитывать, что результаты выработки навыка в четвертой и седьмой день были хуже, чем накануне, то начальный участок кривой разгона можно считать реакцией одноемкостного инерционного звена с постоянной времени τ , равной пяти суткам, на ступенчатое входное воздействие.

Примем, что описанная выше оценка тренированности человека, получаемая подсчетом числа очков H , является функцией многих параметров:

$$H = f(\pi, Y, B, C, \dots), \quad (1)$$

где π — функция памяти, определяемая, например, как вероятность воспроизведения информации, хранящейся в памяти;

Y — условия проведения эксперимента, характеризующиеся многокомпонентной характеристикой таких свойств, как освещенность, уровень шумов, наличие других раздражителей и т. д.;

B — степень внимания — произвольное, непроизвольное, послепроизвольное;

C — состояние оператора — время реакции.

Влияние на трудовой процесс этих и ряда других изменяющихся во времени факторов подтверждается обычно наблюдающимися на практике существенными колебаниями результатов деятельности. Для исследования влияния каждого фактора в отдельности целесообразно на данном этапе изучения применять методику исследования, заключающуюся в «переборе каждого фактора по одному» при стабилизации всех прочих. Эксперименты В. А. Артемова, выполненные фактически по методике снятия кривой разгона, сводились к изучению зависимости $H = f(\pi)$ при относительно стабилизированных и приведенных к нормальным условиям. Поэтому процессы в памяти, определяемые, например, зависимостью $\pi(t)$, не сложнее, чем кривая упражнения, и функции $H(t)$ и $\pi(t)$ пропорциональны. Кроме того, экспоненциальный характер всей кривой упражнения, и в особенности ее начального участка, указывает на то, что основной процесс в памяти должен описываться зависимостью

$$\pi = \pi_0 (1 - e^{-\frac{t}{\tau}}). \quad (2)$$

Установив это положение, мы можем точнее представить математическую модель основного процесса динамической локализации памяти, заключающегося в том, что информация пересылается из одного сдвигающего регистра в другой, старшего уровня [9, 10]. При непрерывной подаче на вход системы памяти информации, подлежащей запечатлению путем многократных повторений, процесс накопления информации в различных уровнях памяти приводит к монотонно возрастающей вероятности ее воспроизведения, определяемой зависимостью (2). Если не подавать на вход

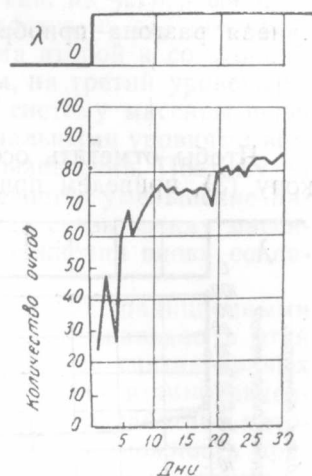


Рис. 1. Графическая интерпретация опытов В. А. Артемова.

информацию, то по мере пересылки ранее записанных сообщений во все более отдаленные от входа и органов воспроизведения уровни памяти, снижается вероятность воспроизведения. Из математического описания (2) следует, что с прекращением подачи на вход системы памяти информации для запечатления, т. е. с нанесением скачкообразного возмущения

$$\begin{cases} \lambda = 1 & \text{при } t < 0, \\ \lambda = 0 & \text{» } t \geq 0, \end{cases}$$

кривая разгона приобретает характер экспоненты:

$$\pi = \pi_0 e^{-\frac{t}{\tau}}. \quad (3)$$

Чтобы отметить особенности переходных процессов, близких к закону (3), приведем пример получения так называемой кривой забывания Эббингхауза (рис. 2). Эббингхауз, как и ряд других авторов, определял объем памяти через разные промежутки времени после заучивания испытуемыми бессмысленного материала [11].

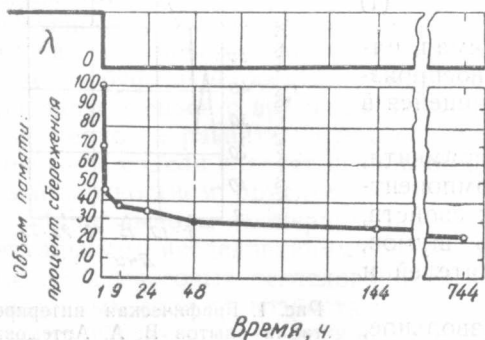


Рис. 2. Кривая забывания Эббингхауза — частный случай получения кривой разгона.

Кривой забывания определяется наложением неустановившихся процессов во всех видах памяти — в ДП, КП и буферной — вследствие чего усложняется оценка влияния каждого вида. Кроме того, существенное отклонение кривой забывания от экспоненты на начальном участке объясняется непостоянством входного воздействия перед снятием кривой разгона, т. е. при $t < 0$. Следовательно, график $\lambda(t)$ нельзя считать чисто скачкообразным. С некоторыми допущениями можно принять, что входное воздействие в период $t < 0$ имеет импульсный характер.

Однако несмотря на качественное различие условий опытов, представленных на рис. 1 и 2, необходимо отметить общие тенденции в поведении графиков при $t \rightarrow \infty$. Из сопоставления этих данных следует, что установившееся значение выходной величины при $t \rightarrow \infty$ стремится к определенному числу. Так, через месяц после начала опытов переходный процесс отклоняется от экспоненты в опытах В. А. Артемова на $0,15-0,17\pi_0$, а, по данным Эббингхауза, — на $0,21\pi_0$. Сходные результаты, полученные при различных методиках исследования асимптотического поведения системы памяти, можно объяснить наложением на экспоненциальный по характеру основной процесс пересылки информации в памяти других действующих в системе динамических процессов, в частности, рециркуляционного процесса и гомеостатической пересылки, описанных в работе [10]. Как показано на рис. 1, механизм гомеостатической пересылки начинает проявляться уже на седьмой день упражнений.

Итак, вопрос об устойчивости системы памяти, как это видно из сделанного анализа, отпадает, поскольку при $t \rightarrow \infty$ система асимптотична в силу асимптотичности основного динамического процесса в памяти; кроме того, очевидно, что вклад дополнительно действующих в системе динамических процессов приводит к $\pi(t = \infty) < \pi_0$.

В заключение остановимся на неравномерностях хода упражнения, отмеченных в опытах В. А. Артемова. Исходя из принятой нами концепции всякую неравномерность можно объяснить цикличностью пересылки информации из одного уровня в следующей [9]. Так, на четвертый день после начала деятельности информация пересылается из первого уровня, в котором время сохранения равно суткам, на второй и со второго, имеющего время сохранения, равное двум суткам, на третий уровень [9]. В результате на четвертый день после ввода в систему массивы пересланной информации временно теряют связь с начальными уровнями ветвящейся структуры памяти и с органами воспроизведения. Поэтому на четвертый день эксперимента у испытуемых отмечается уменьшение навыка до уровня первого дня. В дальнейшем, когда связь между массивами информации восстанавливается, кривая упражнения вновь совпадает с зависимостью (2).

Количество экспериментальных работ, выполненных традиционными в психологии способами, довольно значительно. Как показано в этой статье, все они основаны на изучении памяти методами снятия кривых переходных процессов и последующего моделирования взаимозависимости памяти и деятельности. В то же время еще не разработана методика кибернетических экспериментов и не выяснена возможность применения статистических методов исследования психофизиологических особенностей оператора к изучению памяти.

ВЫВОДЫ

1. Процессы в памяти описываются как процессы в динамической системе, что позволяет изучать память методами исследования динамических объектов, например, путем снятия кривой разгона.

2. Традиционные в психологии приемы оценки навыка и памяти являются частными случаями применения методики исследования памяти как динамического объекта.

3. Процесс развития структуры и объема буферной памяти в зависимости от возраста моделируется, на основе экспериментальных данных А. Н. Леонтьева и настоящего анализа, многоемкостным объектом с временем разгона 4,2 года.

4. Экспериментальное исследование навыка человека-оператора, выполненное по методике В. А. Артемова, является способом изучения долговременной памяти по методу снятия кривой разгона.

ЛИТЕРАТУРА

1. П. И. Зинченко, В. П. Зинченко. Исследование памяти в связи с задачами инженерной психологии. Сб. «Проблемы инженерной психологии. Психология памяти», вып. 3, изд. О-ва психологов, Л., 1965.
2. Д. Сперлинг. Информация, получаемая при коротких зрительных предъявлениях. Сб. «Инженерная психология за рубежом», изд-во «Прогресс», М., 1967.
3. Д. Сперлинг. Модель зрительной памяти. Сб. «Инженерная психология за рубежом», изд-во «Прогресс», М., 1967.
4. Г. В. Репкина. Исследование оперативной памяти. Сб. «Проблемы инженерной психологии. Психология памяти», вып. 3, изд. О-ва психологов, Л., 1965.
5. Э. В. Утеуш. Регистровая структура как модель памяти и ее роль в процессах восприятия. Сб. «Проблемы бионики», вып. 2, Изд-во ХГУ, 1968.

6. Э. В. Утеуш. Исследование психофизиологических особенностей оператора. Сб. «Проблемы психологической бионики», вып. 2, Изд-во ХГУ, 1968.
7. А. Н. Леонтьев. Проблемы развития психики, изд-во «Мысль», М., 1965.
8. В. А. Артемов. Курс лекций по психологии, Изд-во ХГУ, 1958.
9. Э. В. Утеуш. О памяти кибернетических систем. Сб. «Проблемы психологической бионики», вып. 1, Изд-во ХГУ, 1968.
10. Э. В. Утеуш. Моделирование биологической памяти. Там же.
11. П. Б. Невельский. Объем памяти и количество информации. Сб. «Проблемы инженерной психологии. Психология памяти», вып. 3, изд. О-ва психологов, Л., 1965.