

О МЕХАНИЗМАХ ВЛИЯНИЯ ВЕРОЯТНОСТИ СИГНАЛА НА ВРЕМЯ РЕАКЦИИ ЧЕЛОВЕКА.

Е. П. КРИНЧИК, П. Д. МЕДНИКАРОВ

(Факультет психологии МГУ)

Анализ работ, посвященных исследованию влияния вероятности сигнала на время реакции человека, позволил выдвинуть гипотезу [22] о наличии двух механизмов, обуславливающих специфический характер изучаемой зависимости. Согласно этой гипотезе, один из указанных механизмов — условно называемый «физиологическим» — определяет сдвиг в уровне реактивности сенсомоторной системы под влиянием объективного временного режима предъявления сигналов. Так, предъявление частого сигнала, сопровождающееся его многократным повторением и появлением через короткие интервалы, приводит, благодаря процессам фисилитации и сенсификации (14, 7, 11, 12, 13, 16), к повышению возбудимости соответствующего этому сигналу сенсомоторного звена, что и проявляется в более коротком времени реакции на частый сигнал. Наоборот, предъявление редкого сигнала, сопровождающееся большими перерывами в афферентации соответствующего ему сенсомоторного звена, приводит к снижению возбудимости последнего, что и проявляется в увеличении времени реакции на редкий сигнал.

Другой механизм — условно называемый «психологическим» — меняет уровень готовности человека к восприятию и реагированию на сигнал (а следовательно, и уровень реактивности сенсомоторной системы) под влиянием субъективной оценки момента появления данного сигнала.

Такая готовность (ожидание, подготовительная установка) возникает в ходе усвоения человеком вероятностной структуры последовательности сигналов и формирования субъективного образа ее — «субъективной вероятностной модели» [4].

Действие психологического механизма вносит существенные коррективы в эффект физиологического механизма, определяя установленный ранее [18, 6] феномен «нелинейности» влияния вероятности сигнала на время реакции человека.

Один из возможных путей проверки сформулированной выше гипотезы состоит в построении эксперимента, в котором создавались бы условия для преимущественного проявления каждого из этих механизмов в отдельности. Ниже излагаются результаты исследования, в котором была предпринята такая попытка.

МЕТОДИКА

В данной работе, в одной серии, с помощью специального методического приема производилось смещение субъективной установки испытуемого в сторону одного из двух сигналов. При этом изменение вероятностей появления этих сигналов в серии опытов было идентичным для обоих сигналов.

В другой серии, при одном и том же наборе вероятностей предъявления двух сигналов, использовались последовательности, в которых сигналы предъявлялись в *случайном* и *регулярном* порядке. При регулярном предъявлении сигналов, где субъективная готовность была одинаковой, независимо от вероятности появления сигнала, различие в результатах могло быть обусловлено только действием физиологического механизма.

В эксперименте измерялось время реакции выбора. Предъявлялись два сигнала, характеризующиеся различными вероятностями появления в последовательности ($P_{1,2} = 1$, $P_{1,2} = 1/2$, $P_{1,2} = 1/15$, $14/15$)¹

В качестве тестовых стимулов использовались коммутаторные лампочки (24 в, 0,105 а), расположенные горизонтально на панели испытуемого на расстоянии 72 мм друг от друга. Панель с лампочками покрывалась белой бумагой так, что испытуемый видел лишь светлые кружки диаметром в 10 мм. В середине между тестовыми сигналами помещалась фиксационная точка — черный кружок диаметром 8 мм.

Испытуемый находился в изолированной камере в специальном кресле, к подлокотникам которого были прикреплены реактивные ключи. Усилие нажатия на ключ составляло 55 гр, ход подвижных контактов — 0,2 мм.

Время реакции измерялось двумя электронными миллисекундомерами типа МС-1, каждый из которых запускался одновременно с вспышкой одной из двух тестовых лампочек и останавливался с нажатием на соответствующий ключ.

Реакции испытуемого отражались на панели экспериментатора: там вспыхивала одна из двух лампочек, когда испытуемый нажимал на ключ. Это позволяло регистрировать ошибочные реакции испытуемого.

В качестве сигнала «Внимание!» использовался электрический звонок.

Программа сигналов записывалась на магнитофонную ленту и предъявлялась автоматически, способом, описанным ранее [5]. С помощью специального устройства звуковые сигналы преобразовывались в световые.

В одном опыте предъявлялась последовательность из 90 сигналов, которые в I серии предъявлялись с интервалом в 5 сек. За 1,5 сек до появления тестового стимула давался сигнал «Внимание!» Во II серии тестовые стимулы предъявлялись без сигнала «Внимание!» с интервалом в 3 сек.

Программа сигналов составлялась по таблице случайных чисел и была проверена на нерегулярность II порядка.

В один день проводилось два-три опыта с перерывом между опытами в 15 мин.

В соответствии с инструкцией, в I серии экспериментов испытуемые по сигналу «Внимание!» должны были перевести взгляд на фиксационную точку и максимально сосредоточиться. При вспышке правой лампочки они должны были как можно быстрее нажать на правый ключ, при вспышке левой лампочки — на левый ключ. При этом категорически запрещалось делать ошибки.

После двух тренировочных опытов в ситуации простой реакции ($P_{1,2} = 1$) и одного опыта в ситуации равновероятного выбора ($P_{1,2} = 1/2$) испытуемому указывалось, что теперь экспериментатора будет интересовать максимальная скорость реакции на правый сигнал, поэтому, если испытуемый задержится с реакцией на правый сигнал, то он получит удар тока¹ в запястье правой руки. Испытуемому при этом назывался лимит времени реакции, который он не может превысить безнаказанно.

Таким образом, один из сигналов становился значимым и назывался «критическим», другой — «нейтральным». Вся группа испытуемых была поделена на две: для одной критическим был правый сигнал, для другой — левый сигнал.

Затем, в течение четырех дней, в одно и то же время с каждым испытуемым проводилось по два опыта в день: первый опыт с равновероятной ситуацией, второй с разноравной ситуацией, в которой критический сигнал предъявлялся либо с $P_{кр} = 1/15$, либо с $P_{кр} = 14/15$; нейтральный сигнал предъявлялся, соответственно, либо с $P_n = 14/15$, либо с $P_n = 1/15$. В последний день добавлялся третий опыт с простой реакцией.

Всего в I серии было проведено с семью испытуемыми свыше 70 опытов и замерено свыше 7000 реакций.

Во второй серии оба сигнала были «нейтральными». Но последовательность сигналов носила строго *регулярный* характер. Так при $P_{1,2} = 1/2$ оба сигнала чередовались, при $P_{1,2} = 1/15$ «редкий» сигнал появлялся точно через 14 предъявлений «частого» сигнала. Кроме того, в этой серии предъявлялась последовательность с $P_{1,2} = 1/6$ и $5/6$, в которой один сигнал появлялся после 5 предъявлений другого сигнала. Для сравнения с теми же самыми испытуемыми проводились опыты, в которых последовательности носили *случайный* характер.

С каждым из 14 новых испытуемых² проводилось 3 опыта в день по следующей программе:

¹ В качестве токового подкрепления использовался разряд электролитического конденсатора емкостью в 10 мкФ, на который подавалось напряжение в 150 вольт от выпрямителя постоянного тока ВСА—1

² В проведении опытов этой серии экспериментов принимала участие студентка ф-та психологии МГУ Э. Г. Виленская.

- а) тренировочные опыты:
 1) $P_{1,2} = 1$ — 3 опыта,
 2) $P_{1,2} = 1/2$, случайная последовательность — 3 опыта,
 б) основные опыты:
 3) $P_{1,2} = 1/2$ (случайная последовательность) — 3 опыта,
 4) $P_{1,2} = 1/2$ (регулярная последовательность) — 3 опыта,
 5) $P_{1,2} = 1/6; 5/6$ (случайная последовательность) — 3 опыта,
 6) $P_{1,2} = 1/6; 5/6$ (регулярная последовательность) — 3 опыта,
 7) $P_{1,2} = 1/15; 14/15$ (случайная последовательность) — 3 опыта,
 8) $P_{1,2} = 1/15; 14/15$ (регулярная последовательность) — 3 опыта,
 9) $P_{1,2} = 1$ — 2 опыта

Всего во II серии было проведено с 14 испытуемыми свыше 370 опытов, в которых было замерено свыше 33000 реакций.

Данные обеих серий экспериментов были подвергнуты статистическому анализу. Вычислялись средние значения времени реакции, среднеквадратическое отклонение. Линии регрессии строились методом наименьших квадратов.

Был проведен также анализ последовательных эффектов (sequential effects) и рассчитан «эффект повторения» (repetition effect) [14, 15]. Для квалификации результатов этого анализа были использованы специальные критерии¹.

РЕЗУЛЬТАТЫ

I СЕРИЯ ЭКСПЕРИМЕНТОВ

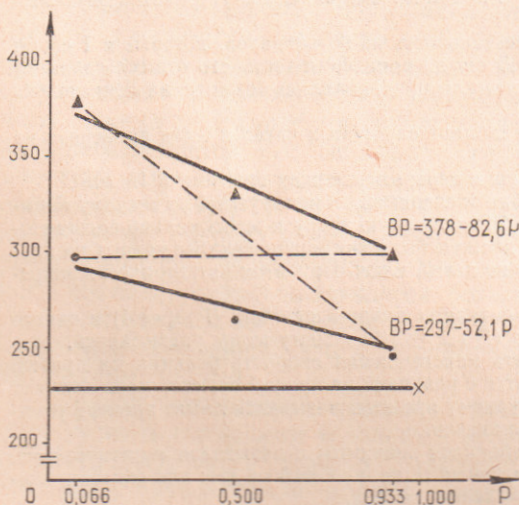


Рис. 1. Зависимость времени реакции от вероятности сигнала (I серия экспериментов). Треугольниками обозначены данные для нейтрального сигнала, кружками — данные для критического сигнала, крестиком отмечено время простой реакции

Результаты I серии экспериментов представлены на рис. 1—4 и в таб. 1.

На рис. 1 графически изображена зависимость времени реакции от вероятности сигнала. По оси ординат отложено среднее время реакции на сигнал в мсек, по оси абсцисс — вероятность появления этого сигнала в опыте. Кружками отмечены данные для критического сигнала, треугольниками — данные для нейтрального сигнала. Сплошная линия, параллельная оси абсцисс и заканчивающаяся крестиком, обозначает уровень скорости простой реакции.

Как видно из рис. 1, экспериментальные точки хорошо аппроксимируются прямой линией, однако данные для критического сигнала располагаются заметно ниже данных для нейтрального сигнала и прямая имеет меньшую крутизну.

Поскольку в реальном эксперименте функции редкого и частого сигналов распределялись между критическим и нейтральным сигналами, целесообразно сравнить данные для двух различных ситуаций: когда критический сигнал был редким и когда он был частым.

На рис. 1 пунктирные прямые соединяют точки, соответствующие значениям времени реакции на редкий и частый сигнал, полученным в реальной ситуации опытов. Эти прямые имеют принципиально разную ориен-

¹ Авторы пользуются случаем, чтобы поблагодарить Е. Ю. Артемьеву за консультацию по статистическим методам анализа экспериментальных данных.

тацию при разных условиях опыта. В случае, когда критический сигнал был частым, прямая имеет большую крутизну ($b=150$ мсек), при этом время реакции на частый (критический) сигнал оказывается всего на 15 мсек больше времени простой реакции. В случае, когда критический сигнал был редким, пунктирная прямая идет практически параллельно оси абсцисс, а время реакции на частый (нейтральный) сигнал оказывается даже несколько больше времени реакции на редкий (критический) сигнал. Кроме того, оно на 75 мсек больше времени простой реакции.

Данные по отдельным испытуемым в принципе полностью воспроизводят описанную картину, хотя имеются и некоторые крайние варианты. Они представлены на рис. 2.

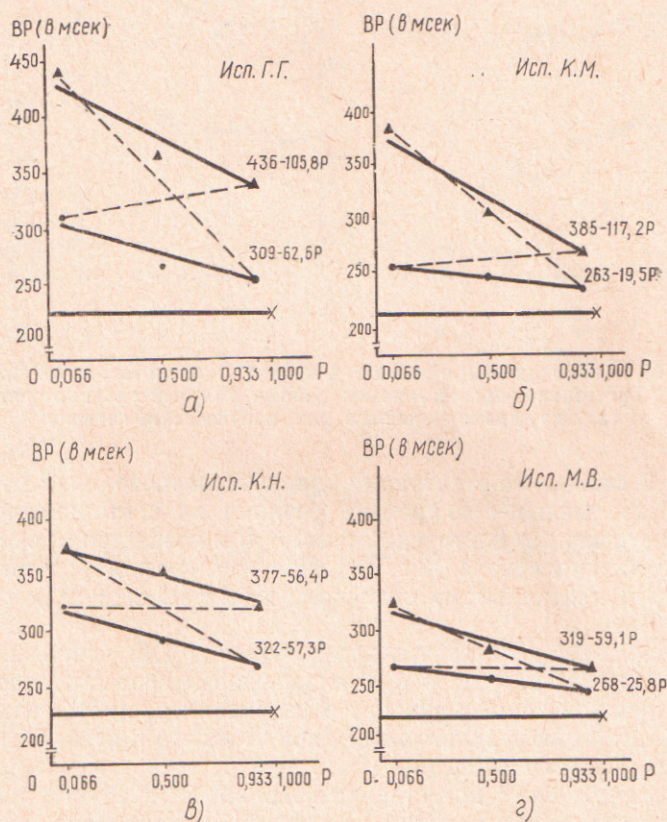


Рис. 2. То же, что и на рис. 1. Данные для отдельных испытуемых

Результаты анализа последовательных эффектов даны на рис. 3, 4.

На рис. 3 а, б графически изображены результаты анализа последовательных эффектов (а — условие «повторения», б — условие «интервала»)

1 Анализ последовательных эффектов (sequential effects), перенесенный из исследований по вероятностному обучению в хронометрические исследования [18], [14], [15], [16], [17], [26], представляет собой один из вариантов анализа микроструктуры временного ряда. Он состоит в прослеживании зависимости В.Р.: а) от числа повторений данного сигнала и б) от количества других сигналов, вклинивающихся между двумя последовательными предъявлениями данного сигнала. Результатом применения этого анализа явилась разработка содержательных моделей эффекта вероятности сигнала на В. Р. [15], [24], [23], [21], [19]

в ситуации равновероятного выбора. По оси ординат отложено среднее время реакции на сигнал, соответствующее каждому из условий. По оси абсцисс — порядковый номер повторения сигнала («количество повторений») (на рис. 3 а) и количество предъявлений другого сигнала между двумя последовательными предъявлениями данного сигнала («величина интервала») (рис. 3 б). Треугольниками отмечены данные для нейтрального сигнала, кружками — данные для критического сигнала.

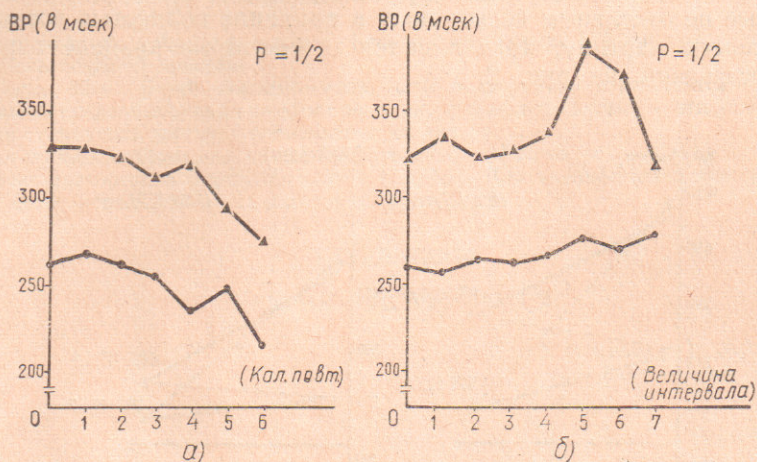


Рис. 3. Последовательные эффекты в опытах с равновероятной ситуацией. Треугольниками обозначены данные для нейтрального сигнала, кружками — данные для критического сигнала

На рис. 3 видно, что в ситуации равновероятного выбора наблюдается тенденция к уменьшению времени реакции на повторяющийся сигнал с увеличением числа его повторений (рис. 3 а) и возрастания времени реакции с увеличением интервала (рис. 3 б). При этом графики, соответствующие критическому и нейтральному сигналам, имеют практически одинаковый характер.

Данные анализа последовательных эффектов для равновероятной ситуации представлены на рис. 4 а, б аналогичным образом. Здесь не обнаруживается никакой закономерности в изменении времени реакции¹. Причем, и в этой ситуации результаты для критического и нейтрального сигналов оказались идентичными.

«Эффект повторения»² представлен в таблице 1. В таблице представлены разности между временем реакции на «новый» и «повторяющийся» сигнал. Из табл. 1 видно, во-первых, что у большинства испытуемых эти разности либо крайне малы по величине, либо (при $P=1/2$) они становятся отрицательными³; во-вторых, эти данные отличаются большим интериндивидуальным

¹ Отсутствие зависимости было подтверждено методом ранговой корреляции [1].

² Эффект повторения (repetition effect [14]) заключается в том, что среднее время реакции на сигнал, когда он выступает в последовательности как повторяющийся, оказывается меньше, чем среднее время реакции на тот же сигнал, когда он сменяет в последовательности другой сигнал, т. е. когда он оказывается «новым».

³ Этот результат, на первый взгляд противоречащий данным анализа последовательных эффектов, объясняется тем, что первые повторения сигнала, имеющие наибольшую статистику измерений и наибольшее влияние на среднюю величину В. Р., дают либо очень слабое уменьшение В. Р., либо (у некоторых испытуемых) увеличение В. Р. по сравнению со В. Р. на новый сигнал. Последнее в прежних работах [6], [4] описывалось как своеобразный эффект психологического последствия нового сигнала. Оно особенно четко выступило в ситуации с редким и частым сигналами.

разбросом; в-третьих, не обнаруживается существенных различий в данных для критического и нейтрального сигналов.

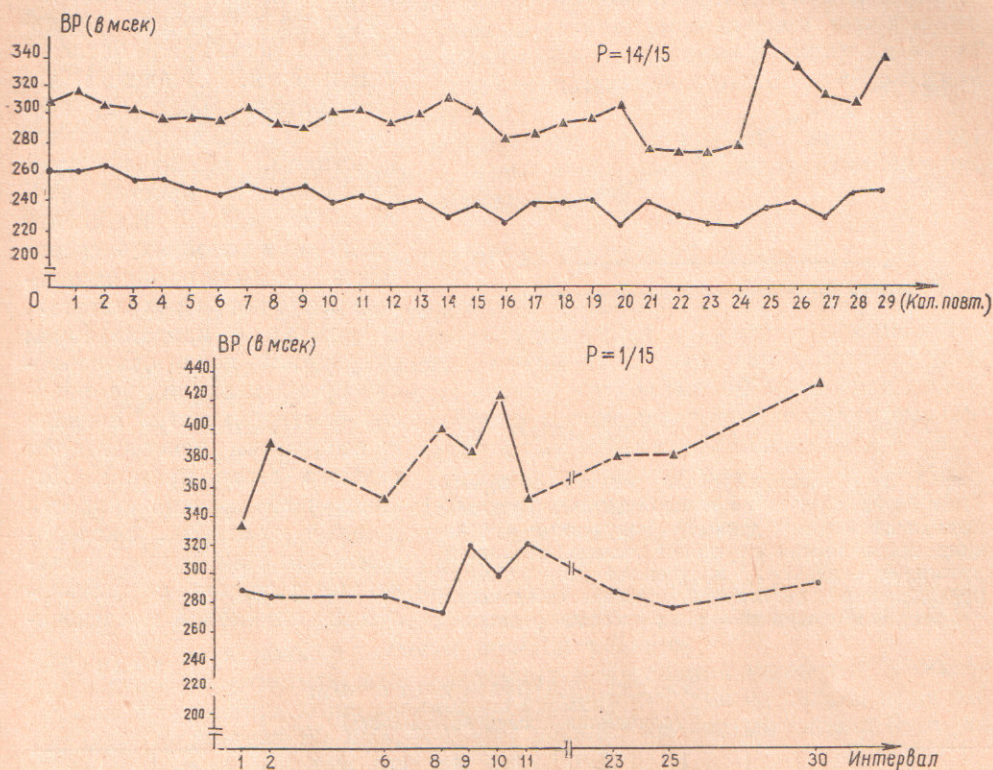


Рис. 4. Последовательные эффекты в опытах с разновероятной ситуацией

Таблица 1

«ЭФФЕКТ ПОВТОРЕНИЯ» (I СЕРИЯ)

P	Исп.	К. Н.	С. Г.	Г. Г.	М. В.	К. Н. Я.	К. Н.	К. Х.	Среднее по группе
P=1/2	Нейтральный сигнал	+1	-6	0	+43	+9	-12	+18	+8
	Критический сигнал	-3	-13	1	-5	3	11	13	+1
P=14/15	Нейтральный сигнал	+6	+17	+4	+24	+31	+13	+2	+14
	Критический сигнал	-14	+36	+16	+26	+2	+4	+28	+14

II СЕРИЯ ЭКСПЕРИМЕНТОВ

Результаты II серии представлены на рис. 5 и в табл. 2 а, б.

На рис. 5 изображена зависимость времени реакции от вероятности сигнала для двух условий эксперимента. По оси ординат отложено среднее время реакции на сигнал в мсек, по оси абсцисс — вероятность появления этого сигнала в опыте. Треугольниками отмечены данные, получен-

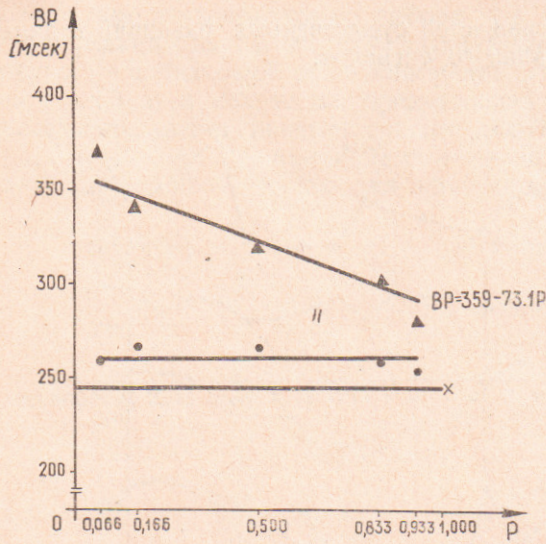


Рис. 5. Зависимость времени реакции от вероятности сигнала (II серия экспериментов). Треугольниками обозначены данные, полученные в условиях предъявления случайной последовательности, кружками — данные, полученные в условиях предъявления регулярной последовательности. Крестиком обозначено время простой реакции

ные в условиях предъявления случайной последовательности, кружками — данные, полученные в условиях предъявления регулярной последовательности. Сплошная линия, параллельная оси абсцисс и заканчивающаяся крестиком, обозначает уровень скорости простой реакции. На рис. 5 видно, что различия в условиях эксперимента породили принципиальные различия в результатах. В опытах с предъявлением регулярной последовательности время реакции не зависит от «вероятности»¹ сигнала и все точки располагаются немного выше прямой, обозначающей уровень скорости простой реакции. Экспериментальные же точки, полученные в опытах с предъявлением случайной последова-

Т а б л и ц а 2—а

«ЭФФЕКТ ПОВТОРЕНИЯ» (II СЕРИЯ)
(случайная последовательность)

Р Исп.	Я. А.	О. В.	Х. А.	Д. В.	А. В.	К. М. Д.	С. А.	Л. Л.	Б. А.	З. М.	Б. Н.	В. А.	К. В. Г.	К. В.	Средн. по группе
14/15	+26	+47	+50	+22	+36	-9	+3	+70	+24	+61	+34	+51	+27	+6	+32
5/6	+18	+21	-19	+22	+1	-3	+29	+40	+7	+48	-12	+26	+31	+6	+15
1/2	+16	-8	-10	-31	-14	-25	-12	-9	-8	-6	-16	-11	-28	-4	-12
1/6	-15	-24	-52	-14	-75	+57	+45	+9	-20	-28	-18	+1	-52	+6	-13
1/15	*	-	-	-	-	-	-	-	-	-40	-41	+19	-73	-57	-38**

* В этих опытах редкий сигнал по программе не повторялся.
** Усреднение производилось только по пяти испытуемым.

Т а б л и ц а 2—б

«ЭФФЕКТ ПОВТОРЕНИЯ» (II СЕРИЯ)
(регулярная последовательность)

Р Исп.	Я. А.	О. В.	Х. А.	Д. В.	А. В.	К. М. Д.	С. А.	Л. Л.	Б. А.	З. М.	Б. Н.	В. А.	К. В. Г.	К. В.	Среднее по группе
5/6	+6	+22	+19	+14	-11	-7	-7	+28	+3	+18	+9	+6	-8	+6	+7
14/15	+6	+8	+39	-3	-1	-11	+12	+23	-2	+16	+2	+1	+17	-20	+6

¹ По определению, в условиях предъявления *регулярной* последовательности, мы не можем говорить о вероятности в собственном смысле этого слова. Здесь сохраняется лишь соотношение частот предъявления сигналов.

тельности, удовлетворительно аппроксимируются прямой линией, имеющей угол наклона, равный 73 мсек.

В табл. 2 а, б представлены данные по эффекту повторения. Из табл. 2 а видно, что в опытах с предъявлением случайной последовательности эффект повторения существенно уменьшается с уменьшением вероятности сигнала, а, начиная с $P=1/2$, разность между временем реакции на новый и повторяющийся сигнал становится отрицательной и растет по абсолютной величине с уменьшением вероятности.

Для регулярных последовательностей эффект повторения образует очень пеструю картину у разных испытуемых и, как показывают средние данные, он не зависит от вероятности сигнала.

АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ

Результаты I серии экспериментов выразительно демонстрируют действие одного из двух механизмов, определяющих, по нашему мнению, специфический характер зависимости времени реакции от вероятности сигнала.

Искусственно создаваемое смещение субъективной установки испытуемого на восприятие одного сигнала порождает принципиально различный эффект в зависимости от того, частым или редким оказывался в опыте особо ожидаемый сигнал. Так, если этот сигнал предъявлялся с $P=14/15$, то его время реакции было на 130 мсек меньше времени реакции на редкий (нейтральный) сигнал и всего на 15 мсек больше времени простой реакции. Когда же критический сигнал предъявлялся с $P=1/15$, разница во времени реакции на редкий (критический) и частый (нейтральный) сигнал составила —3 мсек, при этом время реакции на частый (нейтральный) сигнал было уже на 75 мсек больше времени простой реакции.

Интересно отметить, что в условиях нейтральной установки к обоим сигналам указанная выше разница во времени реакции на редкий и частый сигналы составляла 89 мсек, а время реакции на частый сигнал было на 67 мсек больше времени простой реакции¹.

Поскольку распределение вероятностей появления сигналов, а следовательно, и объективный временной режим их предъявления были в I серии совершенно одинаковыми, описанные выше результаты могли быть достигнуты только благодаря перестройке процесса ожидания редкого и частого сигналов, обусловленной разной степенью значимости их в описанных двух ситуациях.

Эта перестройка существенным образом повлияла и на действие физиологического механизма, связанного с процессами сенсibilизации и фасилитации.

Так, усиленное ожидание критического сигнала, когда он был частым, как бы суммировалось с «положительным» эффектом² физиологического механизма, что обеспечило очень высокий уровень возбудимости сенсомоторной системы и большую скорость реакции³.

¹ По методическим соображениям мы не могли провести с нашими испытуемыми подобных опыты. Поэтому здесь приводятся данные, полученные в прежних экспериментах, приведенных одним из авторов с 46 испытуемыми по той же основной схеме эксперимента.

² Для удобства изложения «положительным» эффектом физиологического механизма мы обозначили повышение возбудимости сенсомоторного звена под влиянием многократного повторения частого сигнала и предъявления его с короткими интервалами. «Отрицательный» эффект физиологического механизма, наоборот, состоит в понижении возбудимости сенсомоторного звена в связи с предъявлением редкого сигнала через большие интервалы.

³ Тезис о корреляции между величиной времени реакции и уровнем возбудимости соответствующего сенсомоторного звена [2] принимается нами как исходный. Его обоснование, сделанное весьма убедительно, с привлечением основательного фактического материала можно найти в [9]

Такое смещение субъективной установки в сторону частого сигнала как бы отключает процесс подстораживания редкого (нейтрального) сигнала. Вместе с «отрицательным» эффектом физиологического механизма это обстоятельство приводило к значительному понижению возбудимости сенсомоторного звена, ответственного за реакцию на редкий сигнал.

В условиях, когда критический сигнал был редким, происходит резкое усиление подстораживания редкого сигнала и ослабление ожидания частого (нейтрального) сигнала. Вот как этот акт отражается в словесном отчете самих испытуемых:

Исп. С. Г. $P_{кр} = 1/15$
Прот 4/1
Исп. КНЯ $P_{кр} = 1/15$
Прот 3/1

Сегодня было трудно! Все время ждала левого сигнала, а шел правый.
Испытуемый. Сегодня было труднее.
Экспериментатор. А почему?
Испытуемый. Не знаю, может-быть, из-за тока. А я даже совсем перестал обращать внимание на левую («частую» — авторы) руку.

Как уже упоминалось, в этой ситуации время реакции на частый сигнал было несколько больше времени реакции на редкий сигнал. Кроме того, время реакции на частый нейтральный сигнал оказалось на 50 мсек больше времени реакции на частый критический сигнал и на 75 мсек больше времени простой реакции. Все это заставляет предположить, что «положительный» эффект физиологического механизма либо крайне мал по величине и не играет существенной роли в изучаемой зависимости, либо в данной конкретной ситуации он как бы подавляется действием другого механизма. В пользу последнего предположения говорит характер словесных отчетов испытуемых. Типичным является жалоба на особую трудность работы в опытах, где критический сигнал был редким.

Исп. М. В. т $P_{кр} = 1/15$
Прот. 4/2

Испытуемый. Намного легче, когда чаще бывает левый сигнал.
А то все время ждешь, ждешь и вдруг получишь удар! Мне очень неприятен ток. Сегодня так измучилась.

Субъективная трудность работы в этих опытах отражает, по-видимому, то, каких усилий стоит испытуемому «преодоление» действия физиологического механизма.

Сопоставление основных зависимостей, полученных в данном исследовании (рис. 1) с результатами анализа последовательных эффектов (рис. 3, 4) и эффекта повторения (табл. 1), отражающих «микроструктуру» временного ряда, обнаружило парадоксальный факт: при явных различиях в основных зависимостях, характеризующих время реакции на критический и нейтральный сигналы, практически отсутствуют различия в последовательных эффектах и эффекте повторения для этих сигналов.

Анализ этого факта позволяет высказать следующее предположение: в отличие от опытов с нейтральной установкой к обоим сигналам, где основная зависимость обусловлена соотношением процессов ожидания частого сигнала и подстораживания редкого сигнала, создающим сложную «стратегическую» картину поведения и своеобразную структуру временного ряда [6], [3], [24], [4], в описываемых здесь опытах под влиянием инструкции, задающей четкое распределение субъективной готовности испытуемого к критическому и нейтральному сигналам, происходит как бы «с места» переключение соответствующих сенсомоторных систем на разные уровни («регистры») возбудимости, на которых весь процесс и осуществляется. Эти разные уровни возбудимости определяют разное положение кривых относительно оси ординат (см. рис. 3, 4).

В пользу такого представления говорит и примененный нами количественный анализ эксцессов¹ в ряду значений времени реакции на частый сигнал. Этот анализ в прежнем исследовании [3] обнаружил закономерную тенденцию: с уменьшением вероятности редкого сигнала число эксцессов увеличивалось, а начиная с $P_{част} = 7/8$ и $15/16$, их количество превышало случайную величину. Эти данные позволили интерпретировать такие эксцессы, как проявление процесса подстораживания редкого сигнала.

¹ За эксцесс принималось: $\varepsilon = x + 2\sigma$, где x — среднее время реакции на частый сигнал.

В данном же исследовании количество эксцессов не превышало случайную величину и было одинаковым для критического и нейтрального сигналов.

Таким образом, временные характеристики реакции на критический и нейтральный сигналы определялись в этих опытах сдвигами в *общем уровне* возбудимости сенсомоторных систем, происшедшими под влиянием разной степени субъективной готовности испытуемого к критическому и нейтральному сигналам. В интерпретации результатов данного исследования мы разделяем подход, развитый в [9], [10]. Однако эта интерпретация, адекватная весьма специфическим, искусственно созданным для определенных целей исследования условиям, представляется нам недостаточной для анализа основных результатов, полученных в условиях с нейтральной установкой к обоим сигналам, т. к. она существенно упрощает реальную картину процесса. Там, наряду с различиями в общих уровнях возбудимости сенсомоторных систем, ответственных за реакцию на редкий и частый сигналы, имеется еще и сложная « мозаика » изменений возбудимости этих систем, обусловленная стратегией ожидания испытуемым того или иного сигнала в конкретных пунктах временной развертки стимульной последовательности.

Результаты I серии экспериментов показали, что фактор субъективной готовности к восприятию сигнала (действие « психологического » механизма) играет весьма существенную роль во влиянии вероятности сигнала на время реакции, настолько существенную, что в определенных условиях он может вносить коррективы в действие « физиологического » механизма, значительно снижая его эффект.

Анализ результатов II серии экспериментов подтверждает и дополняет этот вывод.

Данные, представленные на рис. 5, отчетливо показывают, что различное распределение субъективной готовности к обоим сигналам, обусловленное разными способами предъявления их, определило существенные различия в характере влияния вероятности сигнала на время реакции.

Если в условиях случайного предъявления сигналов разница во времени реакции между редким и частым сигналами составила для $P_{1,2}=1/6$, $5/6$ —40 мсек, а для $P_{1,2}=1/15$, $14/15$ —91 мсек, то в условиях регулярного предъявления сигналов эта разница была равна соответственно 4 и 7 мсек, что свидетельствует об отсутствии влияния вероятности сигнала на время реакции в данном случае.

Показательна в этом смысле и динамика отличия времени простой реакции от времени реакции выбора при разных вероятностях предъявления сигнала. В условиях работы испытуемого со случайной последовательностью разница между ними обратно пропорциональна вероятности сигнала и меняется по абсолютной величине в пределах от 35 мсек ($P=14/15$) до 126 мсек ($P=1/15$). В условиях предъявления регулярной последовательности не наблюдается систематического возрастания указанной разницы, и ее величина лежит в пределах от 9 ($P=14/15$) до 22 ($P=1/6$) мсек.

Характерны результаты сравнения времени реакции при одной и той же вероятности сигнала для разных условий их предъявления. С уменьшением вероятности сигнала разница во времени реакции растет, меняясь в пределах от 27 ($P=14/15$) до 111 ($P=1/15$) мсек.

Эти данные подтверждают многократно описанный факт, свидетельствующий о том, что увеличение степени неопределенности момента появления сигнала с уменьшением вероятности этого сигнала в условиях предъявления случайной последовательности приводит к уменьшению субъективной готовности испытуемого к сигналу, что и проявляется в закономерном уменьшении времени реакции. Снятие этой неопределенности в условиях предъявления регулярной последовательности обеспечивало максимальную степень готовности испытуемого к обоим сигналам и привело практически к отсутствию эффекта вероятности сигнала. Можно было ожидать, что в условиях одинаковой готовности к появлению обоих сигналов проявится действие физиологического механизма, поскольку здесь могла прямо сказаться различная величина интервала, с которым появляется данный сигнал при разных « вероятностях » его предъявления. Только различиями

в объективном временном режиме предъявления сигнала (при $P=1/2$ — через один сигнал, при $P=1/6$ — через 5 сигналов, при $P=1/15$ через 14 сигналов) могли быть обусловлены здесь изменения в уровне возбудимости соответствующих сенсомоторных систем, а значит и различия в результатах. Опыты не обнаружили никакой закономерной тенденции в изменении времени реакции с уменьшением вероятности сигнала. Мы допускаем, что эффект физиологического механизма мог быть в этих условиях замаскирован действием психологического механизма и некоторыми особенностями проведения наших опытов¹. Тем не менее, полученные здесь данные позволяют с уверенностью утверждать, что эффект физиологического механизма значительно меньше по величине и что доминирующую роль в изучаемом процессе играет психологический механизм².

В связи с этим следует, по-видимому, внести некоторые коррективы в выводы, сделанные ранее [11], [12], [13] на основе изучения влияния вероятности появления сигнала на процесс его обнаружения.

Автор исходил из следующего предположения, которое нашло свое экспериментальное подтверждение в его исследовании: ... «влияние вероятности подачи сигнала на параметры реакции (в том числе и латентный период ЭМГ и ЭЭГ — авторы) связано с тем, что проходящий сигнал изменяет проводимость нервной сети. Эта повышенная проводимость, сохраняясь некоторое время, облегчает прохождение следующих импульсов. С этой точки зрения основным фактором, определяющим латентный период реакций, является интервал между подаваемыми стимулами».. стр. 147, [13]).

Далее автор пишет: «Объединение результатов опытов, в которых применялись различные вероятности подачи сигналов, позволяет изучить влияние интервала между сигналами на процесс их обнаружения».

Результаты обеих серий экспериментов, описанных в настоящей статье, и проведенный ранее анализ последовательных эффектов в опытах с обнаружением сигнала [22], показывают, что если сопоставлять время реакции с величинами интервалов, при которых данный стимул появляется в последовательности, в пределах *одного опыта с данной вероятностной структурой*, то влияние интервала на время реакции существенным образом определяется тем, в какую вероятностную структуру вписываются данные величины интервалов. Мы не наблюдали как в ситуации обнаружения, так и в ситуации выбора (при $n = 2, 4, 8$) [22] четкой зависимости времени реакции от величины интервала. Тенденция к увеличению времени реакции с увеличением интервала имеет место лишь в ситуации равновероятного выбора (см. рис. 3 б) и в ситуации, приближающейся к равновероятной [22] при $n = 4$ и 8, т. е. там, где проявление действия психологического механизма либо невозможно,

¹ В частности, предъявление регулярной последовательности с $P_{1,2} = 1/15, 14/15$ после $P = 1/6, 5/6$ могло привести к тому, что время реакции при $P = 1/15$ оказалось меньше, чем при $P = 1/6$, что несколько исказило общую картину. Кроме того, в случае с регулярной последовательностью при $P_{1,2} = 1/6, 5/6$ и $1/15, 14/15$ испытуемый просчитывал количество частых сигналов, чтобы не пропустить момент появления редкого сигнала. Это, конечно, могло снизить эффект физиологического механизма, поскольку максимальная готовность к редкому сигналу могла нивелировать обусловленные процессами фасилитации и сенсбилизации различия в фоновом уровне возбудимости, реагирующей на редкий сигнал сенсомоторной системы. Однако описанные выше факты заставляют думать, что обнаруженное многими авторами закономерное влияние величины интервала на В. Р., даже в своей классической форме, не сводится к эффекту фасилитации и сенсбилизации. В. Р. растет с величиной интервала и потому, что при этом уменьшается возможность предсказания испытуемым точного момента появления сигнала в межстимульном интервале. На это в свое время обращалось внимание в [19], [20]. В последнее время накапливаются данные, свидетельствующие о том, что в ситуации варьирования длительности интервала в случайном порядке В. Р. перестает быть монотонной функцией его величины [8], [25], [27]. По-видимому, решающим здесь оказывается фактор готовности испытуемого к появлению сигнала через интервал той или иной величины.

² Мы понимаем, что более строгое выделение и количественная оценка эффекта физиологического механизма требует дальнейшей экспериментальной работы. В частности, важным дополнением к проведенному исследованию могла бы послужить серия, в которой сигналы предъявлялись бы с очень малыми интервалами. В этих условиях процесс формирования субъективной готовности к сигналу в соответствии с вероятностью его появления оказался бы невозможным. Тогда действие физиологического механизма нашло бы свое прямое выражение. В отличие от [9] мы полагаем, что в этих условиях эффект вероятности оказался бы наиболее сильным. К сожалению, по техническим причинам мы не имели возможности провести с нашими испытуемыми такую серию опытов.

либо затруднено, причем эта тенденция свойственна не всем испытуемым. Здесь решающим, по-видимому, является не интервал, а «временная морфология» (временной гештальт или временной паттерн), [22] которую образует набор интервалов, характерный для того или иного распределения вероятностей сигналов. Отражение человеком этой «временной морфологии» вместе с секвенциальными свойствами стимульного ряда и составляют, по нашему мнению, содержание субъективной вероятностной модели, которая через посредство описанного выше «психологического» механизма управляет поведением человека в вероятностно организованной ситуации, определяя динамику субъективной готовности его к восприятию того или иного сигнала.

Кроме того, основные результаты I и II серии экспериментов убедительно продемонстрировали с иной стороны, что интервал сам по себе вообще не является фактором, определяющим время реакции в условиях предъявления вероятностно организованной системы сигналов. По-видимому, выводы, сделанные в [11], [12], [13], можно отнести лишь к специфическим условиям проведения эксперимента и способа анализа полученных результатов. И они не могут быть целиком распространены на понимание природы зависимости времени реакции от вероятности сигнала.

В условиях более строгого предъявления вероятностно организованной системы сигналов специфический характер зависимости времени реакции от вероятности сигнала определяется, по нашему мнению, сложным взаимодействием описанных в начале статьи механизмов, изолированное изучение которых здесь только начато, и требуется дальнейшая интенсивная экспериментальная и теоретическая работа.

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Бейли Н. Статистические методы в биологии, Изд-во «Мир», М., 1959.
2. Бойко Е. И. Время реакции М., 1964.
3. Кринчик Е. П. О некоторых особенностях переработки информации человеком. Кандидатская диссертация. МГУ, М., 1963.
4. Кринчик Е. П. О детерминации поведения вероятностной структурой ситуации. «Вопросы психологии», № 3, 1968.
5. Кринчик Е. П., Левко А. Н. Устройство для автоматической записи бинарной последовательности звуковых раздражителей на магнитофон. «Вопросы психологии», № 2, 1965.
6. Леонтьев А. Н., Кринчик Е. П. О некоторых особенностях процесса переработки информации человеком. «Вопросы психологии», № 6, 1962.
7. Соколов Е. Н. Ориентировочный рефлекс как информационный регулятор. В сб. «Ориентировочный рефлекс и проблемы рецепции в норме и патологии». Изд-во «Просвещение». М., 1964.
8. Е. Н. Соколов, Л. Р. Челидзе, Н. Н. Корж. Управление предсказанием в двигательных и электроэнцефалографических реакциях человека. «Журнал ВНД», т. XIX, вып. 1, 1969.
9. Чуприкова Н. И. Слово как фактор управления в высшей нервной деятельности человека. Изд-во «Просвещение», М., 1967.
10. Чуприкова Н. И. О причинах роста латентных периодов реакций при увеличении числа альтернативных сигналов. «Вопросы психологии», № 1, 1969.
11. Юй Вэнь-Чжао. Влияние вероятности появления сигнала на процесс его обнаружения. «Журнал ВНД», 1964, т. XIV, вып. 5.
12. Юй Вэнь-Чжао. Зависимость восприятия световых сигналов от интервала между ними. «Журнал ВНД», 1965, т. XV, вып. 1.
13. Юй Вэнь-Чжао. Исследование нейрофизиологических механизмов обнаружения световых сигналов в зрительном анализаторе. Кандидатская диссертация, МГУ, М., 1965.
14. Bertelson P. Sequential redundancy and speed in serial two-choice responding task. «Quart. J. exp. Psychol.», 1961, 12, 90—102.
15. Falmagne, J. C. Stochastic models for choice reaction time with application to experimental results. «J. Math. Psychol.» 1965, 2, 77—124.
16. Hale D. I. Sequential effects in a two-choice serial reaction time task. «Quart. J. exp. Psychol.», 1967, 14, 152—162.
17. Hale D. I. Repetition and probability effects in a serial choice reaction task. «Acta Psychologica» 29 (1969) pp. 163—171.
18. Human R. Stimulus information as a determinant of reaction time. «J. exp. Psychol.» 1953, 45, 188—196.
19. Klemmer E. T. Time Uncertainty in Simple Reaction Time. «Journ. of Exper. Psychol.», 1956, v. 51, № 3.
20. Klemmer E. T. Simple Reaction Time as a Function of Time Uncertainty. «Journ. of exper. Psychol.» 1957, v. 54, № 3.

21. Kornblum S. Sequential Determinants of Information Processing in Serial and Discrete Choice Reaction. «Psychol. Review» 1969, v. 76, № 2, pp. 113—131.
22. Krinchik E. P. The probability of a signal as a determinant of reaction time. «Acta Psychologica» 30, 1969, pp. 27—36. Attention and Performance II ed. W. G. Koster.
23. Laming D. R. J. Subjective Probability in Choice Reaction Time Experiments «Journal of Mathematical Psychology». № 6, № 1, 1969, pp. 81—100.
24. Leonard I., Newman R. C., Carpenter A. On the handling of heavy bias in a self-paced task. «Quart. Journ. of Exp. Psychol». 1966, v. XVIII, part 2, pp. 130—141.
25. Nickerson R. S., Burham D. W. Response Times with Nonaging Foreperiods. «Journ. exp. Psychol.» 1969, v. 79, № 3 pt. 1, pp. 452—457.
26. Remington R. I. Analysis of sequential effects in choice reaction time. «Journ. of exper. psychol». 1969, v. 82, № 2, pp. 250—257.
27. Thomas E. A. C. On expectancy and average reaction time. British Journ. of Psychol. 1970, v. 61, № 1, pp. 33—38

ON THE MECHANISMS OF SIGNAL PROBABILITY EFFECT IN CHOICE REACTION TIME EXPERIMENTS

E. P. KRINCHIK, P. D. MEDNIKAROV

Summary

This paper presented the experimental evidence of the hypothesis, formulated recently in [22]. An attempt was made to demonstrate in the choice reaction time experiments the existence of two mechanisms defining the specific character of signal probability effect.

In the first experiment the choice reaction time was measured in the task with two signals, presented with different probabilities. By the instruction and shock reinforcement was accomplished a «shifting» of psychological set (expectancy, readiness) towards one of the signals, which was critical. The influence of signal probability on reaction time was quite different, depending on whether a frequent or a rare signal was critical.

In the second experiment both signals were neutral and regular sequences were presented which ensured the equal readiness of the subjects to the rare and frequent signal. Under these conditions the differences in reaction time to a rare or a frequent signal are due to psychological mechanism, connected with the process of facilitation and sensibilization. The experiments have shown that these differences are extremely small which suggests the dominant part of the psychological mechanism in the influence of signal probability on choice reaction time.

