

3. T. Young. Lecture on the theory of light and colours, Phil. Trans. Roy. Soc. V. 21, 1802.
4. J. C. Maxwell. On the theory of compound colours and the relation of the colours of the spectrum. Proc. Roy. Soc. vob. 10, 1860.
5. H. Helmholtz. Handbuch der physiologischen Optik. Hamburg u. Leipzig 1909—1911.
6. В. В. Мешков. Основы светотехники, 4. 2. Физиологическая оптика и колориметрия. Госэнергоиздат, 1961.
7. H. Grassmann. Zur Theorie der Farbenmischung. Ann. d. Phys. u. Chem. Bd. 89, № 5, 1853.
8. E. Schrödinger. Grundlinien einer Theorie der Farbenmetric im Tagessehen. Ann. d. Phys., Bd. 63, 1920.
9. Н. Д. Ньюберг. Математические основы задачи измерения цвета. В кн. «Современное состояние колориметрии». Гостехтеоретиздат, 1933.
10. Г. Е. Шилов, Б. Л. Гуревич. Интеграл, мера и производная. Изд-во «Наука», 1967.
11. И. П. Натансон. Теория функций вещественной переменной. Гостехтеоретиздат, 1957.
12. С. О. Майзель, Е. С. Ратнер. Цветовые расчеты и измерения. Госэнергоиздат, 1941.
13. С. Г. Михлин. Прямые методы в математической физике. Гостехтеоретиздат, 1950.
14. Л. В. Канторович, Г. П. Акилов. Функциональный анализ в нормированных пространствах. Физматгиз, 1959.
15. Л. А. Люстерник, В. И. Соболев. Элементы функционального анализа. Изд-во «Наука», 1965.
16. Ф. Р. Гантмахер. Теория матриц, изд. 2-е. Физматгиз, 1966.
17. М. М. Гельфандт. Лекции по линейной алгебре. Гостехтеоретиздат, 1947.
18. Н. Д. Ньюберг. Теоретические основы цветной репродукции. Изд-во «Советская наука», 1947.
19. Н. Д. Ньюберг. Грассмана законы. В кн. «Физический энциклопедический словарь», т. 1. Изд-во «Сов. энциклопедия», 1960.
20. М. М. Бонгард, М. С. Смирнов. Четырехмерность цветового пространства человека. Докл. АН СССР, т. 108, № 3, 1956.
21. Л. Фридрих. Об участии палочкового зрения в работе светлоадаптированного глаза человека. «Биофизика», т. 2, вып. 3, 1957.
22. H. F. Talbot. Experiments on light. Phil. Mag., № 5, 1834.
23. Н. Д. Ньюберг. Измерение цвета и цветовые стандарты. Изд-во «Стандартизация», 1933.
24. Н. Д. Ньюберг. Курс цветоведения. Гизлегпром, 1932.
25. Н. Д. Ньюберг. Колориметрические эксперименты как средство исследования цветового зрения и требования к ним. «Биофизика», т. 2, вып. 2, 1957.
26. М. М. Гуревич. Цвет и его измерение. Изд-во АН СССР, 1950.
27. H. Scheibner. On colours of the same appearance. «Optica acta», т. 1, № 3, 1966.

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ СТАТИЧЕСКОГО ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ИНТЕНСИВНОСТИ ВИБРАЦИЙ В ВИБРАЦИОННОЕ ОЩУЩЕНИЕ

Г. Ф. Дюбко, В. В. Тищенко

Многочисленными исследованиями доказывается степень зависимости ощущения от интенсивности вибраций для зрительного и слухового анализатора.

С целью проверки этого положения для вибрационного анализатора т. е. степенного закона для вибрационной чувствительности кожи, предположим, что вибрационный анализатор производит преобразование раздражающих его стимулов по тем же законам, что зрительный и слуховой анализаторы.

Как следует из [1—3], входная информация подвергается преобразованию в соответствии с уравнениями

$$V = c \lg dJ,$$

$$m \frac{dT}{dt} + T = kV, \quad (2)$$

$$S = r 10^{s*} + s, \quad (3)$$

$$S^* = V - T, \quad (4)$$

где J — интенсивность входного сигнала;

S — величина ощущения;

c, d, m, k, r, s — константы преобразования;

t — время;

T, V, S^* — промежуточные переменные преобразования интенсивности в величину ощущения.

Обозначим через S_1, S_2 интервал ощущения с граничными значениями S_1, S_2 . Если этот интервал разделить в отношении λ , а величину ощущения в точке деления обозначить через S , то справедлива формула

$$S = (1 - \lambda) S_1 + \lambda S_2. \quad (5)$$

Пусть ощущениям S, S_1, S_2 соответствуют интенсивности J_0, J_1, J_2 ; кроме того,

$$J = \begin{cases} J_0 & \text{при } t < 0 \\ J_i & \text{при } t \geq 0, \text{ где } i = 0, 1, 2, \dots \end{cases} \quad (6)$$

т. е. математическая модель адаптации к интенсивности J_0 .

Подставляя (6) в (1) — (4) и производя преобразование при $i = 0, 1, 2, \dots$, получим

$$S = r (dJ)^c (dJ_0)^{-kc} + s; \quad (7)$$

$$S_1 = r (dJ_1)^c (dJ_0)^{-kc} + s; \quad (8)$$

$$S_2 = r (dJ_2)^c (dJ_0)^{-kc} + s. \quad (9)$$

Подставив теперь в (5) вместо S, S_1, S_2 их значения по (7) — (9), после элементарных преобразований имеем

$$J^c = (1 - \lambda) J_1^c + \lambda J_2^c. \quad (10)$$

При получении зависимости (10) мы исходили из того, что интервал ощущения S_1, S_2 можно разделить в отношении λ .

Действительно, из психофизики известно, что интервал ощущений можно разделить пополам; затем два интервала, полученных в результате деления, в свою очередь разделить пополам и т. д. Полученные значения λ и ощущения S , вытекающие из деления интервала пополам, соответствуют значениям интенсивности J , задаваемым формулой (10), которая связывает между собой интенсивности и может быть проверена экспериментально.

Эксперименты проводились по следующей методике: на указательный палец левой руки подается интенсивность вибраций J_1 , которая в некоторый момент времени сменяется интенсивностью J . На второй указательный палец правой руки одновременно с интенсивностью J_1 на левой руке подается интенсивность J_2 . Интенсивность вибраций подбирается таким образом, чтобы интервал ощущений от J_1, J_2 был разделен пополам ощущением, вызванным интенсивностью вибраций J . При этом интенсивность J_1 соответствовала минимальному значению интенсивностей сигнала из интервала, а J_2 — максимальному значению. При получении результата величина интенсивности J фиксировалась. Снова проводился опыт, но уже для интервала интенсивностей J_1 и J , либо J и J_2 и т. д. Таким образом, весь интервал интенсивностей J_1 и J_2 делился в заданном отношении λ до тех пор, пока была различима

разница ощущений, создаваемая сигналами J_1, J_2 и ощущением от J_λ , делящим интервал пополам. На трех испытуемых каждая точка измерялась по пять раз, опыты проводились на фиксированной частоте в диапазоне 100—200 гц , длительность воздействия сигналов J_1, J_2, J ограничивалась одной минутой, т. е. до наступления адаптации.

Эксперименты выполнялись на установке, схематически изображенной на рис. 1 и состоящей из трех звуковых генераторов, двух вибраторов и двух ламповых вольтметров.

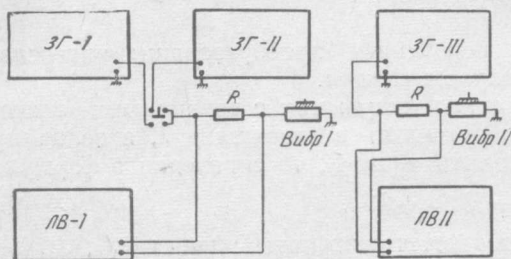


Рис. 1.

В качестве входных сигналов, поступающих на фалангу пальца испытуемого, использовались гармонические колебания пластины вибратора. Синусоидально изменяющееся напряжение формировалось с помощью генераторов звуковой частоты, амплитуда колебаний которых регулировалась неза-

висимо от остальных. При фиксации интенсивности сигнала измерялась мощность, выделяемая на вибраторе, с точностью до 1 мвт . Характеристики вибраторов и технические данные установки приведены в работе [4].

Возможные искажения указанных результатов из-за неодинаковой чувствительности пальцев потребовали проведения дополнительных опытов, в которых вибраторы менялись местами. Несмотря на такую замену, результат практически оставался неизменным.

Подобная серия опытов повторялась по пять раз для каждого определяемого ощущения. Разброс получаемых значений интенсивностей сигналов, как правило, не выходил за пределы 10%, а зачастую находился в пределах 5% от определяемого уровня.

В приводимых ниже таблицах указывается среднее значение J из пяти измерений. Найденные значения интенсивности вибраций даны в милливаттах.

Если формула (10) справедлива, то для всех значений λ и J должно существовать одинаковое значение постоянной c , которое находится путем решения трансцендентного уравнения (10) относительно c . Решение уравнения можно провести графическим методом. С этой целью, согласно таблицам, для λ_i строят зависимости

$$f_i^{(1)}(c) = Jc; \quad f_i^{(2)}(c) = (1 - \lambda_i) Jc_1 + \lambda_i Jc_2.$$

Решением уравнения является точка c_{0i} , получаемая при пересечении графиков $f_i^{(1)}(c)$ и $f_i^{(2)}(c)$.

Для каждой таблицы с i -значениями λ получается i -графиков, т. е. для каждого λ_i получим значение c_{0i} .

По данным решений, приведенным в табл. 3 и 4, определяются средние значения $c_{\text{ср}}$.

За среднее значение постоянной c примем величину, равную $c_{\text{ср}} = 0,45$.

По найденному $c_{\text{ср}} = 0,45$ из формулы (10) определяем

$$J_{\text{теор}}(\lambda) = [(1 - \lambda)] [J_{\text{ср}}^1 + \lambda J_{\text{ср}}^2] \frac{1}{c_{\text{ср}}}.$$

По данной зависимости строим график $J_{\text{теор}}(\lambda)$ и отмечаем на нем точками значения $J_{\text{эксп}}$ из табл. 1, что отражено на рис. 2.

Таблица 1

λ	0	0,062	0,125	0,187	0,25	0,312	0,375	0,437	0,5	0,562	0,625	0,687	0,75	0,812	0,875	0,937	1
J	30	38,4	41,2	56,3	63,7	72,8	79,1	87,0	94,6	101,0	1,12	1,22	135,3	146	158,9	177,5	200

Таблица 2

λ	0	0,062	0,125	0,187	0,25	0,312	0,375	0,437	0,5	0,562	0,625	0,687	0,75	0,812	0,875	0,937	1
J	200	206	214,2	220	227,3	226,8	247,4	225,6	226,2	277,1	292	303,3	317,1	332,6	348,8	374,2	400

Таблица 3

λ_i	0,062	0,125	0,187	0,25	0,312	0,375	0,5	0,562	0,625	0,687	0,75	0,812	0,875	0,937	0,437
C_i	0,815	0,375	0,63	0,45	0,705	0,615	0,455	0,35	0,51	0,285	0,425	0,215	0,445	0,415	0,555

$$C_{\text{ср}} = \sum p_i c_i = 0,4474 \approx 0,45$$

Таблица 4

λ_i	0,062	0,125	0,187	0,25	0,312	0,375	0,437	0,5	0,562	0,625	0,687	0,75	0,812	0,875	0,937
C_i	0,53	0,62	0,75	0,416	0,22	0,34	0,425	0,415	0,45	0,61	0,255	0,4	0,42	0,48	0,345

$$C_{\text{ср}} = \sum p_i c_i = 0,461 \approx 0,46$$

Согласование экспериментальных данных с теоретическими удовлетворительное и находится в пределах ошибок измерений, что свидетельствует о выполнении соотношения (10) в измеренном диапазоне интенсивностей.

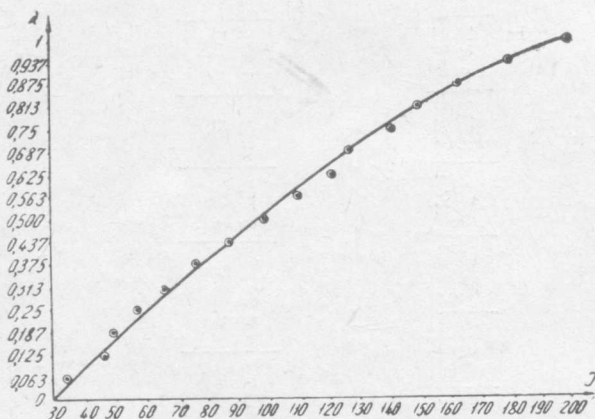


Рис. 2.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ю. П. Шабанов-Кушнарченко, Г. Ф. Дюбко, Е. П. Путятин, М. Ф. Бондаренко. Моделирование статистики адаптации слуха и зрения. Сб. «Проблемы бионики», вып. 1. Изд-во ХГУ, Харьков, 1968.
2. Ю. П. Шабанов-Кушнарченко, Г. Ф. Дюбко, Е. П. Путятин, М. Ф. Бондаренко. Моделирование динамики адаптации зрения и слуха. Сб. «Проблемы бионики», вып. 1. Изд-во ХГУ, Харьков, 1968.
3. Г. Ф. Дюбко. Математическая модель статического преобразования интенсивности звука в громкость. Сб. «Проблемы бионики», вып. 1. Изд-во ХГУ, Харьков, 1968.
4. А. Г. Мурашко, В. В. Тищенко. Разработка прибора для исследования тактильной чувствительности человека. Труды II Всесоюзного традиционного научного техн. семинара. М., 1968.

АССОЦИАТИВНО-СЕТЕВАЯ МОДЕЛЬ ПАМЯТИ.

СООБЩЕНИЕ I

Э. Т. Головань, А. Н. Лук

Психологические предпосылки модели

Моделирование психических функций целесообразно начинать с моделирования памяти, что объясняется, во-первых, наличием обширного и бесспорного экспериментального материала для работ по моделированию; во-вторых, местом, которое занимает память в системе других психических функций. Нам кажется справедливым утверждение Фрейда о том, что память есть главное свойство нервной ткани, предпосылка основа всех других психических функций. Создание модели памяти становится основой моделирования других функций психики.

Память человека представляет собой упорядоченную систему хранения информации. Огромный экспериментальный материал позволяет предположить, что формой упорядочения служит ассоциация. Именно благодаря системе ассоциативных связей между элементами информации