Из данных по плотности и сжимаемости нами рассчитаны числа сольватации по формуле [5]:

$$Z = \frac{\rho - \rho_0 \frac{\beta}{\beta_0} - c}{c} \cdot \frac{M}{M_0}, \qquad (3)$$

где ρ_0 — плотность растворителя, ρ — плотность раствора, c — концентрация раствора в *г/см*^{3}, M и M_0 — молекулярные веса растворенного вещества и растворителя. Полученные числа сольватации для растворов различных солей одинаковой концентрации, а также концентрационная зависимость Z представлены в таблице.

Как видно, числа сольватации, так же как и числа гидратации [1] уменьшаются при переходе от катионов Mg^{2+} к Ca^{2+} и Zn^{2+}. С увеличением концентрации электролита во всех случаях числа сольватации уменьшаются.

Электролит	Концентрация, N	Число сольватации	Электролит	Концентрация, N	Число сольватации
$MgCl_2$	0,1	10,5	$MgCl_2$	0,16	10,2
$CaCl_2$	0,1	9,4	»	0,50	7,5
$ZnCl_2$	0,1	5,0	»	1,20	6,6
				2,72	6,0

Из изложенного видно, что в изменении плотности, скорости ультразвука и адиабатической сжимаемости с температурой и концентрацией никаких особенностей для растворов $ZnCl_2$ в метаноле, в которых возможно образозание комплексных ионов, по сравнению с растворами $MgCl_2$ и $CaCl_2$, не наблюдается. Между тем, на поведении других физических свойств, как интенсивности молекулярного рассеяния света, времени релаксации анизотропии [6], электропроводности, спектрах комбинационного рассеяния [2] вышеуказанные особенности растворов $ZnCl_2$ в метаноле заметно отражаются.

ЛИТЕРАТУРА

1. Р. Робинсон, Р. Стокс. Растворы электролитов. М., ИЛ, 1963.
2. З. Кэнцкий, С. Осецкий, С. Куровский, С. Минц. Применение спектров комбинационного рассеяния света к изучению межмолекулярного взаимодействия в растворах электролитов. Сб. «Молекулярная спектроскопия», ЛГУ, 1960, 52—67.
3. И. Киршенбаум. Тяжелая вода. М. ИЛ., 1963.
4. Я. И. Френкель. Кинетическая теория жидкостей. М. Изд-во АН СССР, 1945.
5. И. Г. Михайлов, В. А. Соловьев, Ю. П. Сырников. Основы молекулярной акустики. М., «Наука», 1964.
6. Г. П. Рощина, А. С. Каурова, И. А. Чернявская. Исследование растворов двух-одновалентных электролитов методом светорассеяния. Сб. Трудов Совещания по оптическим исследованиям жидкостей и растворов. Самарканд, 1965.

Киевский государственный университет

Поступило в редакцию 17 февраля 1965 г.

УДК 5347.

СЛЫШИМОСТЬ ИЗМЕНЕНИЯ ТЕМБРА ПРИ СЛОЖЕНИИ СИГНАЛА С ЕГО ПОВТОРЕНИЕМ

Г. К. Клименко

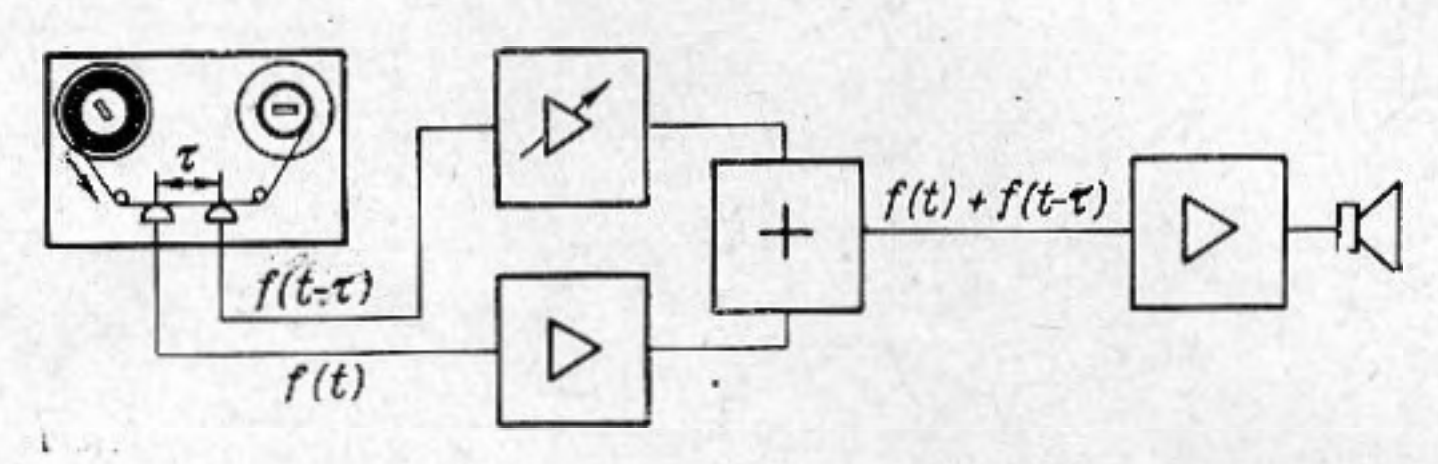
При сложении двух акустических сигналов, один из которых является повторением другого, с временны́м сдвигом, не превышающим интервала когерентности этих сигналов, возникает явление интерференции. В субъективной оценке результирующего сигнала проявляются две стороны этого явления. Количественная сторона, описываемая функциями текущей автокорреляции, выражается в расширении динамического диапазона сигнала [1]. Качественная сторона состоит в изменении мгновенного спектра сигнала, что на слух может восприниматься как изменение звуковой окраски (тембра звучания).

В ряде практических случаев, например, при записи звука [2], при получении одноканальной записи из стереофонической [3], было отмечено неприятное субъективное впечатление, возникающее при монофоническом прослушивании речи, подвергнутой интерференционным искажениям. Речь приобретает неестественный, свистящий характер. Это в наибольшей степени проявляется при сложении сигналов с временны́м сдвигом до 5 *мсек*. При временны́х сдвигах порядка 10 *мсек* и больше, звучание становится гулким, но более приемлемым в субъективном отношении.

Для оценки совместимости стереофонических фонограмм, соответствующих тому или иному способу стереофонической записи, интересно определить ту пороговую разность уровней складываемых идентичных сигналов, при котором неприятная окраска в суммарном сигнале уже не замечается.

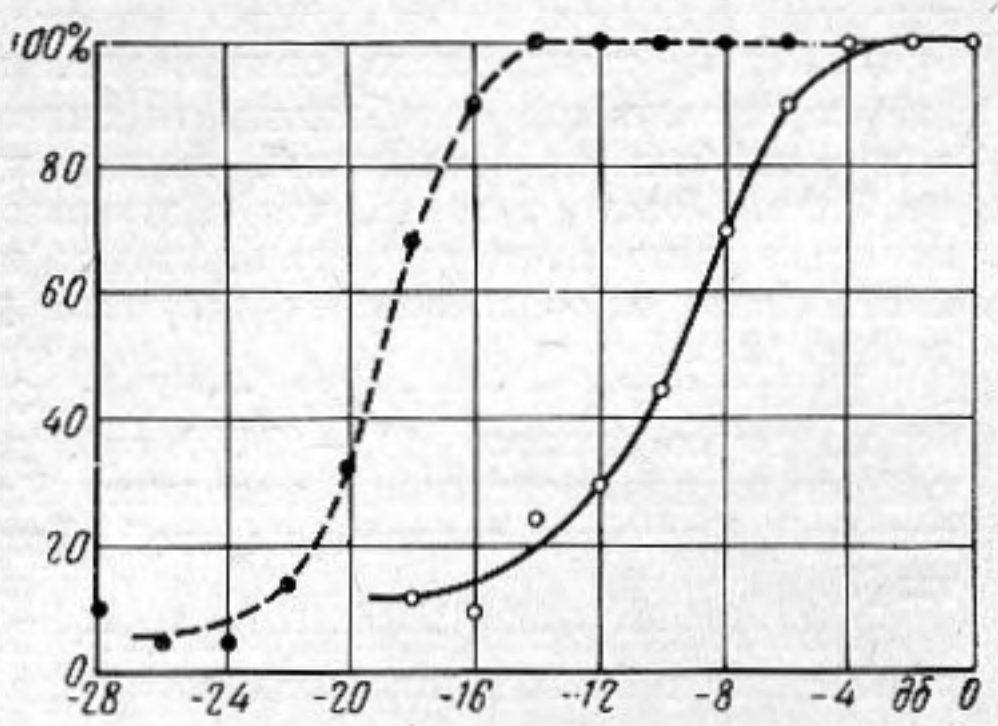
Нами было проведено исследование заметности изменения тембра речи при плавном изменении временно́го сдвига между сигналами от 0 до 1 *мсек*. Этот случай до некоторой степени имитирует условия стереофонической звукопередачи движущегося источника звука, когда временно́й сдвиг между сигналами в каналах стереофонической системы изменяется непрерывно, а следовательно, изменяется и спектр получаемого монофонического сигнала. Как показала практика, интерференционные искажения в этом случае наиболее заметны.

Схема эксперимента показана на фиг. 1. Одноканальная запись считывалась двухканальной магнитной головкой, конструкция которой обеспечивала получение необходимых временны́х сдвигов. После усиления сигналы суммировались в соот-



Фиг. 1

ветствующем отношении, причем запаздывающий сигнал ослаблялся. Неидентичность частотных характеристик образовавшихся параллельных ветвей цепи передачи не превышала 0,5 *дб* в диапазоне 50—12 000 *гц*. Длительность воспроизводимого речевого отрывка (дикторский текст, женский голос) составляла 9 *сек*, из них в первые 3 *сек* сигнал подавался как условно-неискаженный, т. е. временно́й сдвиг между сигналами равнялся нулю. Это делалось с той целью, чтобы «напомнить» эксперту неискаженное звучание. В оставшиеся 6 *сек* временно́й сдвиг плавно изменялся от 0 до 1 *мсек*. Прослушивание велось через контрольный агрегат типа КА-5 в лабораторной комнате при среднем уровне громкости около 80 *дв*. В опытах неодновременно участвовало 20 человек (сотрудников звукотехнических лабораторий). Экспертов просили установить, изменяется ли звуковая окраска в течение времени звучания отрывка. Результат для речи представлен на фиг. 2 сплошной кривой. По оси ординат отложено в процентном выражении число слушателей, ощутивших тембральные изменения, по оси абсцисс — разность уровней складываемых сигналов по напряжению в децибелах.



Фиг. 2

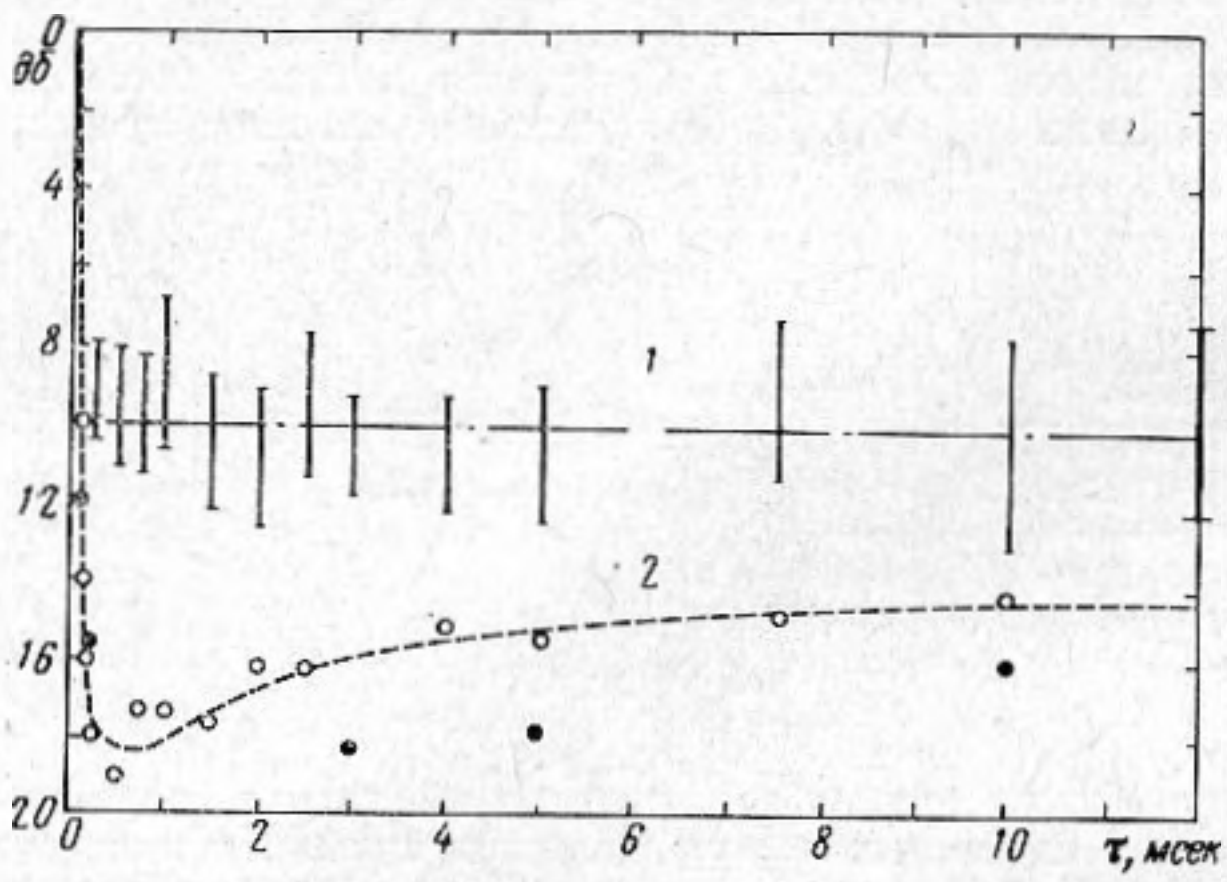
Пунктирной кривой на той же фигуре представлен результат для белого шума с полосой от 100 *гц* до 12 *кгц*. Очевидно, стационарный характер белого шума и более богатое содержание частотных компонентов в мгновенном спектре явились причиной того, что порог заметности интерференционных искажений, соответствующий 50% заметности, для белого шума составляет 19 *дб* и лежит значительно ниже порога заметности для речи (около 10 *дб*).

При проведении эксперимента часть отрывков давалась без искажений, т. е. на протяжении времени звучания всего отрывка временно́й сдвиг равнялся нулю. Это позволило определить процент ошибочных суждений экспертов. В опытах с речью число ошибок составило 12%, в опыте с белым шумом — 5%.

Следует отметить, что эксперименты по восприятию окраски в белом шуме уже проводились ранее [4]. В этой работе окрашенный шум получался путем пропускания сигнала через фильтры с косинусоидальной частотной характеристикой, имеющей расстояние между максимумами $\Delta f = 1/\tau$, что соответствует условиям нашего эксперимента, однако прохождение сигнала через такие фильтры моделировалось на цифровой вычислительной машине. Методика оценки также была другой: сигналы подавались диотически (прослушивание через головные телефоны монофонического сигнала) на уровне ощущения 60 *дб*; велось попарное сравнение окрашенного и неокрашенного шума. Пороговая кривая, соответствующая 50%

заметности, полученная в этой работе, в области малых временны́х задержек (порядка 5 *мсек*) проходит на уровне 18 *дб*.

Определение зависимости порога заметности интерференционных искажений от временно́го сдвига для речи явилось содержанием второй части нашего исследования. При фиксированном временно́м сдвиге эксперт изменял положение движка потенциометра на микшерском пульте, в котором смешивались сигналы, и находил такое положение, которое, по его мнению, являлось пороговым. Прослушивание велось в зале с стандартным временем реверберации 1,1 *сек* при среднем уровне громкости 75 *дб*. Для воспроизведения использовался один из каналов звуковос-



Фиг. 3

производящего комплекта типа КЗВТ-5. Результаты для женской речи (*1*), полученные усреднением показаний восьми экспертов, представлены в виде отрезков, изображающих стандартное отклонение, на фиг. 3, причем объединены показания для случаев, когда ослаблявшийся сигнал являлся запаздывающим, и для случаев, когда он был опережающим, поскольку большой разницы в этих показаниях не было. Можно считать, что в диапазоне временны́х сдвигов от 0,25 до 12 *мсек* порог заметности интерференционных искажений для речи является практически постоянным и соответствует разности уровней складываемых сигналов приблизительно 10 *дб*.

Пунктирная кривая (*2*) на фиг. 3 изображает порог восприятия окраски в белом шуме (полоса 100—12 000 *гц*), для одного эксперта, полученная при такой же экспериментальной методике. Каждая точка получена усреднением 20 показаний. Черными точками на этой фигуре показаны значения, взятые из работы [4].

Автор выражает признательность В. В. Фурдуеву за ряд полезных советов и замечаний и благодарит своих товарищей по работе за участие в экспериментах.

ЛИТЕРАТУРА

1. В. В. Фурдуев. Интерференция и когерентность акустических сигналов. Акуст. ж., 1959, 5, 1, 112—116.
2. F. Kemenes. Interferenzerscheinungen bei Tonaufnahmen. II Akustische Konferenz, Budapest, 19—23 Juni 1961.
3. F. K. Harvey, E. H. Uecke. Compatibility problems in two-channel stereophonic recording. J. Audio Engng. Soc. 1961, 9, 1, 8—12.
4. B. S. Atal, M. R. Schroeder, K. H. Kuttruff. Perception of coloration in filtered gaussian noise — short-time spectral analysis by the ear. 4th Internat. Congr. Acoustics, Copenhagen, 1962, Congr. Rept. 1, H—31, 1—4.

Всесоюзный н.-и. кинофотоинститут
Москва

Поступило в редакцию
9 февраля 1965 г.