

ТЕХНИЧЕСКАЯ ФИЗИКА

С. Я. ЛИФШИЦ

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ НАД ЧАСТОТНЫМ ОПТИМУМОМ РЕВЕРБЕРАЦИИ

(Представлено академиком В. Ф. Миткевичем 2 IV 1937)

Вопрос о частотном оптимуме реверберации за последние семь лет привлек значительное количество исследователей и у нас в Союзе и за границей. Полную теорию вопросу дал автор в 1934⁽¹⁾ и 1936 гг. ^(2, 3), причем кривые Макнейра ⁽⁴⁾, Кнудсена ⁽⁵⁾ и других исследователей можно рассматривать как частный случай общей теории автора.

Все названные исследователи сходятся на том, что частотный оптимум реверберации криволинеен, причем оптимум для низких частот и для высоких длиннее, чем для средних. Согласно теории автора эта криволинейность частотного оптимума реверберации означает, что мы художественно воспринимаем музыкальное исполнение только тогда, когда на всех частотах протяжность тона одна и та же и равна 41 единице протяжности. Таким образом одновременно и основной тон и все обертоны имеют одну и ту же протяжность, равную 41 единице. В практике проектировки и строительства концертных зал, театров, радиостудий и радиотеатров у нас в Союзе, в США, в Англии, Германии в подавляющем числе случаев исходят из криволинейной характеристики частотного оптимума.

В полной противоположности к вышеизложенным данным находятся выводы, к которым приходит на основании своих экспериментальных работ Бекеши (Békésy). В своих работах, напечатанных в 1933, 1934 ⁽⁶⁾ и 1936 гг. ⁽⁷⁾, Бекеши применяет в качестве звукопоглотителя специальный материал (натянутое полотно, задемпфированное ватой), который позволяет менять кривизну частотной характеристики оптимума, а также получить прямолинейную характеристику. На основании своих экспериментальных работ Бекеши приходит к следующим выводам:

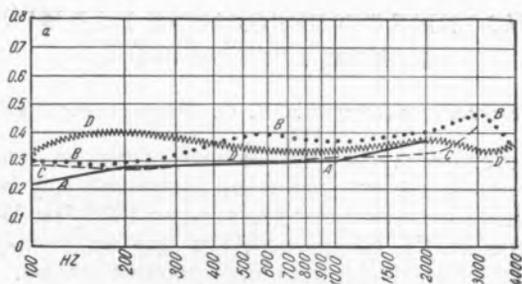
1. Наилучшие условия для музыкального исполнения создаются тогда, когда в помещении имеется прямолинейная частотная характеристика реверберации, т. е. реверберация на всех частотах должна быть одна и та же.

2. Оптимум реверберации для средней частоты (512 герц), полученный при прямолинейном поглощении, ниже, чем оптимум при обычных условиях: 0.7—0.8 сек. вместо 1.06 сек. для маленьких зал.

Несмотря на большие и хорошо обставленные опыты Бекеша не избежал одной существенной методологической ошибки, наличие которой меняет смысл полученных выводов.

Именно: Бекеша находил оптимум, меняя поглощение в комнатах, оборудованных его необычными поглотителями. Непосредственно сравнить результаты с оптимумом в помещении с криволинейной характеристикой он не мог. Поэтому можно думать, что найденный Бекеша оптимум является вторичным оптимумом для необычных поглотителей и может быть хуже обычных оптимальных условий при криволинейном поглощении.

Для того чтобы проверить выводы Бекеша и в то же время избежать указанной выше ошибки, нами была разработана следующая методика опытов. В лаборатории архитектурной акустики Московского архитектурного института были оборудованы две находящиеся рядом одинаковые комнаты, 100 м³ каждая. Одна комната №1 снабжена поглотителями Бекеша, и в ней можно получить прямолинейную характеристику реверберации. Другая комната №2 оборудована в качестве поглотителя мягкой материей;



Фиг. 1.

в этой комнате можно получить криволинейный оптимум реверберации Макнейра-Лифшица. Один и тот же исполнитель исполняет один и тот же отрывок то в одной, то в другой комнате в присутствии музыкальных экспертов, которые таким образом имеют возможность судить о качестве музыкального исполнения при разных режимах.

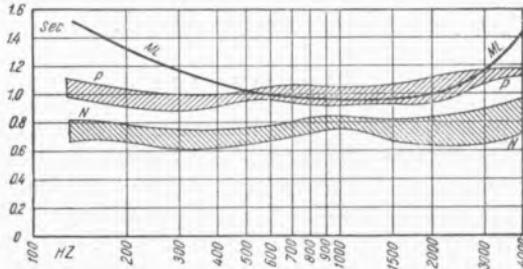
Особое внимание в наших опытах было обращено на точность измерения времени реверберации при разных частотах. Измерения производились одновременно тремя методами: слуховым методом (руководитель измерений С. Алексеев), точечным методом* (руководитель Ю. Шнейдер) и методом термонары (руководитель С. Скребков). Было достигнуто хорошее совпадение для значений, полученных различными методами. Пример таких совпадений дан на фиг. 1, на которой даны измерения коэффициентов поглощения одного звукопоглощающего материала, разработанного лабораторией. На фиг. 1 сплошная линия A—данные слухового метода, точечная линия B—данные точечного метода; пунктирная линия C—данные термонары и зубчатая линия D—измерения того же материала точечным методом в другой лаборатории (Физический институт Академии Наук СССР.)

Первая серия опытов заключалась в том, что в комнате №1 был достигнут прямолинейный оптимум по Бекеша, а в комнате №2 был достигнут криволинейный оптимум Макнейра-Лифшица. Для 512 герц в комнате №1 оптимум равен 0.75 сек., а в комнате №2 оптимум равен 1.03 сек.

* Определение времени реверберации по точкам—метод, аналогичный методу, предложенному Кнудсеном (8).

Результаты измерений для всех частот приведены на фиг. 2. Верхняя кривая *ML*—это музыкальный оптимум по Макнейру-Лифшицу, достигнутый в комнате № 2; нижняя полоса *N*—это оптимум по Бекешу в комнате № 1, причем полоса изображает разбрасывание отдельных точек измерений.

В качестве экспертов были приглашены 10 музыкальных авторитетов, которые присутствовали на опытах в разное время. Экспертами были следующие лица: композитор Сергей Прокофьев; директор Московской гос. консерватории проф. Г. Нейгауз; дирижер проф. Орлов; заслуж. деятель искусств проф. Е. Брауде; композитор Чемберджи; заслуж. артист, дирижер В. Кубацкий, директор Научно-исслед. музыкального института проф.



Фиг. 2.

Н. Гарбузов; доцент Московской гос. консерватории С. Скребков; заслуж. деятель искусств Е. Витачек, заведующий теоретической кафедрой Техникума Гнесиных П. Козлов.

Были прослушаны следующие исполнители: бас, сопрано, тенор, рояль, скрипка и виолончель. В начале, когда слушалось музыкальное исполнение в комнате № 1—Бекешу,—исполнение казалось достаточно художественным, однако это впечатление сразу менялось, когда переходили в комнату № 2 с криволинейной характеристикой, настолько во второй комнате исполнение казалось красочнее, богаче и красивее по тембру тона. В этой оценке мнения всех 10 экспертов были единогласны. Вот выдержки из некоторых заключений:

С. Прокофьев: «Перед слушанием думал, что трудно будет различить, что лучше. Но затруднений не было, настолько в комнате № 2 Макнейра-Лифшица все звучало богаче, круглее, красивее по тембру. Звук, более обогащенный в комнате Бекешу, в комнате № 2 одевался обертонами большой красоты».

Проф. Орлов: «В комнате № 2 исполнение звучит много красочнее. Очень мягкий и красивый тембр».

Проф. Нейгауз: «В комнате № 2 музыка звучит лучше, полнее, красочнее. Звук кажется более теплым и насыщенным», и т. д.

Из этих опытов с несомненностью вытекает, что оптимум, полученный Бекешу, является вторичным оптимумом, представляющим наилучшее звучание при прямолинейной характеристике. Однако он хуже оптимальных условий, которые могут быть созданы при криволинейной характеристике.

Следующая серия опытов заключалась в том, чтобы проверить утверждение Бекешу, что оптимум для 512 герц лежит около 0.75 сек. Изменяя поглощение в комнате № 1, можно было получить прямолинейное поглощение при различных величинах реверберации для 512 герц и прослушать музыкальное исполнение при различных величинах. Опыты показали,

что в данном случае Бекеши прав, и оптимум при прямолинейном поглощении лежит ниже общепринятого.

Таким образом например, когда реверберация в комнате Бекеши определялась полосой P на фиг. 2, то музыкальное исполнение там звучало хуже, чем в случае полосы N на фиг. 2.

Было произведено сравнение музыкального исполнения в комнате № 1 при полосе P и комнате № 2 при кривой ML . Исполнение в комнате № 2 еще больше выигрывало, чем прежде. При этом было обнаружено одно новое явление: комната № 1 при полосе P казалась более гулкой, чем комната № 2 при кривой ML , хотя реверберация по всем частотам в комнате № 1 была либо равной либо меньше реверберации в комнате № 2. Это новое явление требует дальнейших исследований.

З а к л ю ч е н и е

1. Оптимум реверберации при прямолинейной характеристике создает менее благоприятные условия для художественности музыкального исполнения, чем обычный оптимум при криволинейной характеристике.

2. Оптимум при прямолинейной характеристике реверберации лежит ниже обычного. Это вероятно происходит от того, что при одной и той же реверберации для 512 герц комната с прямолинейной характеристикой кажется более гулкой, чем с криволинейной.

Архитектурный институт.
Москва.

Поступило
2 IV 1937.

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ С. Л и ф ш и ц, ЖТФ, IV, вып. 9 (1934). ² S. Lifshitz, Journ. of the Acoust. Soc. Amer., January (1936). ³ С. Л и ф ш и ц, ЖТФ, VI, вып. 12 (1936). ⁴ W. MacNair, J. A. S. A., 1930. ⁵ Vern Knudsen, J. A. S. A., April (1931). ⁶ Békéşy, A. d. Physik, (5) 16 (1933). ⁷ Békéşy, J. T. Ph., № 12 (1936). ⁸ Knudsen, J. A. S. A., № 3, 131 (1931).