

Акустика концертных залов России. Обобщение опыта последних лет

Н.Г. Канев^{1,2}

¹ *Акустический институт им.акад. Н.Н. Андреева. 117036, г. Москва, ул. Шверника, 4*

² *ООО «Акустические материалы». 115054, г. Москва, ул. Новокузнецкая, д. 33, стр. 2*

E-mail: nikolay.kanev@mail.ru

Приведен обзор акустики 17 концертных залов, строительство или реконструкция которых завершились в последние годы. Выделены три группы залов: классические, предназначенные для использования в условиях естественной акустики; электроакустические, в них все мероприятия проводятся со звукоусилением; бифункциональные, предназначенные для проведения концертов как в условиях естественной акустики, так со звукоусилением. Проанализированы результаты акустических измерений в залах после их открытия, выявлены оптимальные характеристики для каждой группы залов.

Ключевые слова: акустика концертных залов, время реверберации, BR.

УДК: 534.84

PACS: 43.55.Gx

Введение

Вопрос о том, как создать помещение с хорошей акустикой, возник с появлением первых театров в античные времена [1]. Однако только на рубеже XIX-XX вв., когда архитектурная акустика обрела статус прикладной физической науки [2], начали использоваться объективные характеристики для оценки качества акустики залов, многие из которых актуальны до сих пор. Среди них основной акустический параметр – время реверберации, который характеризует общую гулкость помещения. Он оказался настолько удобным для практики, что стал нормируемым акустическим параметром.

Сопоставление субъективных оценок акустики большого количества залов с их акустическими параметрами позволяет статистически выявить связь между назначением зала, его объемом и оптимальными значениями акустических параметров [3]. Более того предложено ранжирование концертных и оперных залов по акустическому качеству [4]. Представления о том, какую акустику должны иметь те или иные залы, не являются постоянными [5]. С течением времени наблюдаются тенденции к изменению этих представлений, не все из которых могут быть однозначно объяснены.

Оптимальное значение времени реверберации помещения определяется его объемом. При этом для помещений различного назначения предлагаются разные виды зависимости. В отечественной литературе впервые в книге Л.И. Макриненко [6] приведены рекомендуемые

значения времени реверберации для пяти категории помещений. Этот график внесен в качестве рекомендованных реверберационных кривых в СНиП 23-03-2003, а затем и в его актуализированную, действующую в настоящее время версию СП51.13330.2011 [7].

В настоящей работе приводится обзор акустики 17 концертных залов, построенных или реконструированных в последнее время. Акустические характеристики некоторых залов были опубликованы ранее [8-12].

1 Описание залов

В таблице 1 приведены основные характеристики исследованных концертных залов – объем и вместимость. Также указан год открытия зала и характер его изменения. В данном случае под реконструкцией зала подразумевается изменение его объемно-планировочного решения, при реставрационных работах имело место только обновление отделочных материалов. Для удобства дальнейшего изложения введены двухбуквенные обозначения каждого зала.

2 Акустические характеристики залов

2.1 Классические залы

Концертные залы, предназначенные для исполнения камерной и симфонической музыки, и в которых не проводятся концерты с использованием системы звукоусиления, назовем классическими. На рис. 1 приведены значения времени реверберации на средних частотах T_m , определяемое как среднеарифметическое значение времени реверберации на 500 и 1000 Гц, для пяти исследованных залов с публикой. В залах МК и РК выполнены непосредственные измерения времени реверберации в зале со слушателями. Для залов КФ, КТ и БК выполнена оценка времени реверберации зала с публикой по значениям времени реверберации, измеренном в пустых залах, согласно методике, предложенной в [13]. Линия 1 на рис. 1 соответствует рекомендациям для симфонических залов согласно [7].

Отметим, что в результате реставрации время реверберации залов МК, РК и БК увеличилось на 0.2-0.4 с. При этом, как публикой, так и специалистами это было в целом трактовано как положительные изменения, что совпадает с общей тенденцией к увеличению гулкости залов с естественной акустикой. В акустике органных залов аналогичная тенденция устойчиво наблюдается в течение последних ста лет [14], а при актуализации СНиП 23-03-2003 [7] увеличено рекомендуемое время реверберации для театральных залов примерно на 0.2 с.

Время реверберации зала большого объема (БК) близко к рекомендуемым значениям, в то время как для залов объемом 3-5 тыс.м³ время реверберации выше рекомендуемого примерно на 0.2 с. В этой связи представляется допустимым некоторое увеличение времени реверберации залов среднего объема.

Таблица 1

Исследованные концертные залы

Зал	Обозначение	Объем, м ³	Вместимость, мест	Год открытия	Характер изменений
Классические залы					
Большой зал Московской консерватории	БК	15000	1737	2011	Реставрация
Малый зал Московской консерватории	МК	2800	436	2015	Реставрация
Рахманиновский зал Московской консерватории	РК	2500	252	2016	Реставрация
Камерный зал Пензенской филармонии	КФ	3200	200	2013	Новый
Колонный зал Тульской филармонии	КТ	4600	300	2015	Реставрация
Электроакустические залы					
Государственный Кремлевский Дворец	ГК	70000	6000	2009	Реконструкция
Крокус Сити Холл, Москва	КС	75000	6000	2009	Новый
Киноконцертный зал, Пенза	КП	16000	1600	2014	Новый
Event Hall, Воронеж	ЕН	29000	2500	2013	Новый
Дом культуры, Саранск	ДС	5000	1000	2012	Реконструкция
Бифункциональные залы					
Большой зал Пензенской филармонии	БФ	8100	750	2013	Новый
Саранский музыкальный театр	СМ	6200	720	2011	Реконструкция
Концертный зал Тульской филармонии	ТФ	3400	650	2015	Реконструкция
Большой зал Саратовской филармонии	БС	4900	700	2014	Реконструкция
Большой зал «Башкортостан», Уфа	ББ	8000	1000	2014	Реконструкция
Малый зал «Башкортостан», Уфа	МБ	1200	200	2014	Реконструкция
Концертный зал, Таруса	ТК	3000	300	2016	Реконструкция

Большое значение в акустике концертных залов имеет низкочастотная реверберация, для ее характеристики введем следующие параметры

$$BR = \frac{T_{125} + T_{250}}{T_{500} + T_{1000}}, BR' = \frac{T_{63} + T_{125}}{T_{500} + T_{1000}}. \quad (1)$$

В классических залах отношение BR составляет от 1.03 до 1.29, среднее по пяти залам – 1.17, что в целом соответствует хорошим в акустическом смысле залам [3,4].

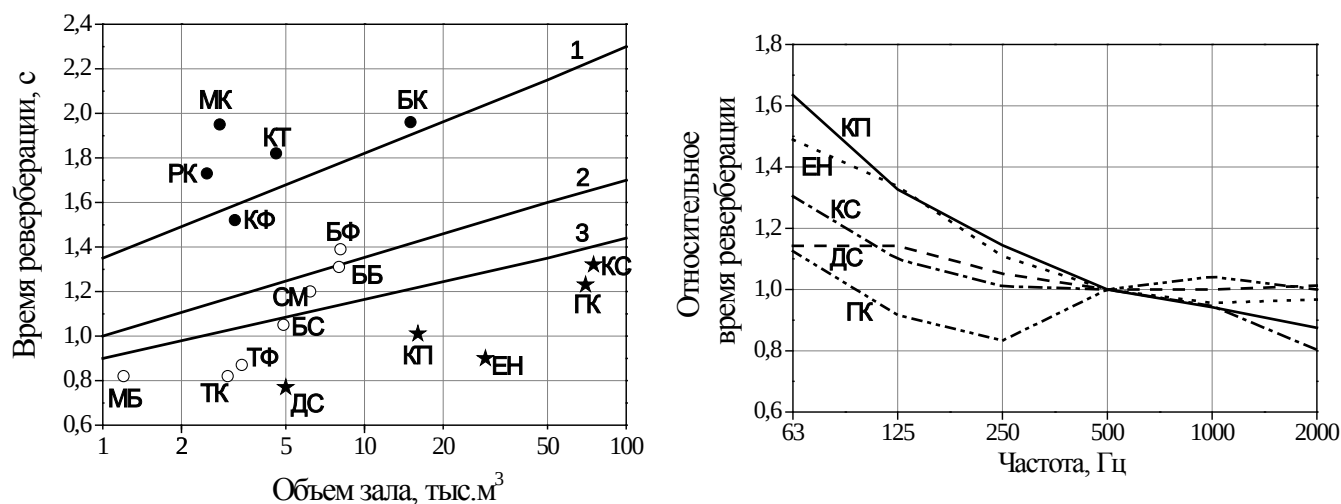


Рис. 1. Время реверберации классических (●), бифункциональных (○) и электроакустических (★) залов с публикой на средних частотах (слева) и время реверберации, отнесенное ко времени реверберации на 500 Гц, электроакустических залов (справа)

2.2 Электроакустические залы

Концертные залы, мероприятий в которых проводятся исключительно с использованием системы звукоусиления, могут иметь достаточно произвольную форму и большую вместимость. Качество звучания, главным образом, определяется расположением и настройкой громкоговорителей. Вместе с тем зал должен быть достаточно заглушен. На рис. 1 представлено время реверберации T_m , измеренное в пяти залах без публики. Влияние публики в таких залах на время реверберации незначительно, поэтому оценка T_m для заполненных залов здесь не производится. Сравнение с действующими рекомендациями [7] для электроакустических залов (линия 3 на рис.1) показывает, что современные залы более заглушены. Последние исследования акустики подобных залов [15] показали аналогичный результат, кроме этого, в [15] отмечается важность контроля времени реверберации на частоте 63 Гц. Для сопоставления частотных зависимостей времени реверберации этих залов на рис. 3 приведены значения времени реверберации в диапазоне 63-2000 Гц, нормированные на значение на 500 Гц. В залах КП и ЕН низкочастотная реверберация довольно велика, в зале КС она также значительна. Только в залах ДС и ГЛ частотная характеристика ровная во всем диапазоне частот. Для контроля реверберации на низких частотах с учетом частоты 63 Гц возможно использование параметра BR' согласно (1).

2.3 Бифункциональные залы

Сегодня наиболее востребованы залы двойного назначения или бифункциональные, в которых проводятся концертные мероприятия в условиях естественной акустики – симфонические и камерные концерты, хоровые и фольклорные выступления, а также концерты современной музыки с использованием системы звукоусиления – эстрада, поп, рок, джаз. Действующие

нормативы специально не выделяют такую категорию залов, хотя в [7] и упоминаются «многоцелевые залы» (линия 2 на рис.1) без разъяснения предполагается ли в них использование системы звукоусиления. В настоящее время проектирование акустики бифункциональных залов складывается довольно драматично: с одной стороны электроакустический зал требует низкого времени реверберации, а классический зал, наоборот, высокого. Учитывая отмеченные тенденции к повышению времени реверберации классических залов и его снижению для залов со звукоусилением, эта разница становится еще больше.

На рис. 1 приведены времена реверберации T_m семи бифункциональных залов при наличии зрителей. Только три зала (БФ, ББ, СМ) имеют время реверберации, близкое к рекомендуемому для многоцелевых [7]. Анализ субъективной оценки акустики этих залов показывает, что в целом они достаточно комфортны как для концертов в условиях естественной акустики, так и при соответствующей наладке звуковоспроизводящего оборудования для концертов со звукоусилением. Близость полученных значений к линии 2 на рис. 1 показывает, что она может быть принята в качестве оптимума для бифункциональных залов. Во всех залах наблюдается подъем времени реверберации на низких частотах, параметр BR имеет значения от 1.05 до 1.45, среднее значение по семи залам составляет 1.3. Повышенная реверберация на низких частотах приводит к некоторым проблемам в настройке звуковоспроизводящего оборудования, но, с другой стороны, она благоприятна для симфонических и камерных концертов, придает «теплоту» звучанию [3].

Заключение

Результаты анализа акустики 17 концертных залов можно свести к графику на рис. 2, на котором представленные выявленные зависимости времени реверберации на средних частотах от объема помещения для трех типов концертных залов.

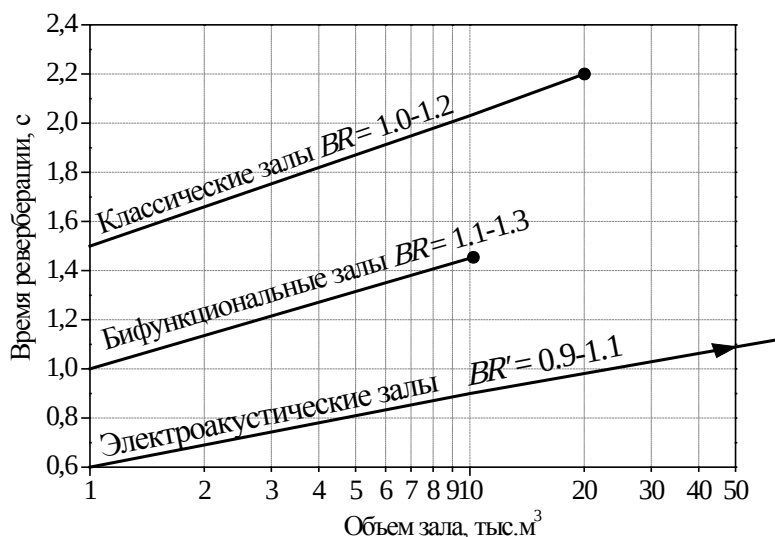


Рис. 2. Предлагаемые акустические характеристики для трех категорий концертных залов

Для контроля время реверберации на низких частотах необходимо использовать параметры BR и BR' , для которых также приведены диапазоны рекомендуемых значений. Кроме этого, предлагается явное ограничение объемов классических и бифункциональных залов.

Автор выражает признательность коллегам из компании ООО «Акустические материалы» и лично Лившицу А.Я. за помощь в проведении исследований акустики залов, рассмотренных в настоящей статье.

Список литературы

1. *Витрувий*. Десять книг об архитектуре. Издательство Всесоюзной Академии архитектуры. М., 1936.
2. *Sabine W.C.* Collected Papers on Acoustics. Harvard U.P. Cambridge, MA, 1922.
3. *Beranek L.* Concert Halls and Opera Houses: Music, Acoustics, and Architecture. Springer. NY (USA), 2004.
4. *Беранек Л.* // Акуст. журн. 1995. **41**. № 5. С. 706.
5. *Kwon Y., Siebein G.W.* // Journal of the Acoustical Society of America. 2007. **121**. P. 2691.
6. *Макриненко Л.И.* Акустика помещений общественных зданий. Стройиздат. М., 1986.
7. СП 51.13330.2011. Защита от шума. Актуализированная редакция СНиП 23-03-2003. М., 2011.
8. *Канев Н.Г., Лившиц А.Я., Möller H.* // Акуст. журн. 2013. **59**. № 3. С. 408.
9. *Канев Н.Г., Лившиц А.Я.* // Сборник трудов сессии Научного совета РАН по акустике и XXV сессии РАО. 2013. Т.3. С. 105.
10. *Канев Н.Г., Лившиц А.Я.* // Сборник трудов XXVII сессии Российского акустического общества. Санкт-Петербург, 16-18 апреля 2014.
11. *Канев Н.Г.* // Акуст. журн. 2016. **62**. № 1. С. 106.
12. *Fadeev A., Kanev N., Livshits A., Nechaev A., Peretokin A., Pimenov E., Rodenkov V., Shirgina N.* // Proceedings of the 22nd International Congress on Acoustics. Buenos Aires, Argentina. 5-9 September, 2016.
13. *Hidaka T., Nishihara N., Beranek L.* // Journal of the Acoustical Society of America. 2001. **109**. P.1028.
14. *Кравчун П.Н.* // Материалы Международной акустической конференции, посвященной 100-летию со дня рождения Е.Я. Юдина. Москва, МГТУ им. Н.Э.Баумана, 30 ноября 2014. С. 191.
15. *Adelman-Larsen N.W.* Rock and Pop Venues: Acoustic and Architectural Design. Springer-Verlag, Berlin. 2014.

Acoustics of Russian concert halls. Review of recent years' experience

N. Kanev^{1,2}

¹ *Andreyev Acoustics Institute, Shvernika 4, Moscow 117036, Russia*

² *Acoustic Materials LLC, Novokuznetskaya 33-2, Moscow 115054, Russia.*

E-mail: nikolay.kanev@mail.ru

Review of acoustics of seventeen concert halls which have been built or reconstructed in recent years is presented. The halls are separated into three groups: classic halls designed for symphonic and chamber-music halls; electroacoustic halls for performances with PA system; bifunctional halls intended for both classic and sound amplified performances. Results of acoustic measurement in concert halls are analyzed. Optimal acoustic characteristics are revealed for each group.

Keywords: concert hall acoustics, reverberation time, bass ratio

PACS: 43.55.Gx

Received