



XXVII сессия Российского акустического общества,
посвященная памяти ученых-акустиков
ФГУП «Крыловский государственный научный центр»
А. В. Смольякова и В. И. Попкова
Санкт-Петербург, 16-18 апреля 2014 г.

Н. Г. Канев, А. Я. Лившиц

ООО «Акустические материалы»
117054, Москва, ул. Новокузнецкая, д.33, корп. 2
тел.: (495) 785-10-80
e-mail: nikolay.kanev@acoustic.ru

Акустика новых залов Пензенской филармонии

В конце 2013 года в г. Пензе завершилось строительство нового здания областной филармонии. В здании выполнено два зала: Большой зал на 750 мест и камерный зал «Музыкальная гостиная» на 200 мест. Оба зала имеют многофункциональное назначение. Большой зал имеет достаточное сценическое пространство для проведения театральных постановок наряду с концертными мероприятиями. В камерном зале установлен орган, также в гостиной предполагается проведение камерных концертов. В настоящей работе приведено описание объемно-планировочных решений двух залов и их акустической отделки. Представлены результаты акустических измерений в залах, проведенных после завершения строительных работ.

Ключевые слова: архитектурная акустика, концертный зал, акустические измерения

ВВЕДЕНИЕ

25 декабря 2013 года состоялось торжественное открытие нового здания областной филармонии в г. Пензе, в котором располагается два концертных зала. Большой Зал на 750 мест и камерный зал «Музыкальная гостиная» на 200 мест с духовым органом на 45 регистров немецкой фирмы «Hugo Mayer». Оба зала спроектированы с учетом их многофункционального назначения и современных требований архитектурной акустики. Ниже приводится подробное описание акустических решений обоих залов, а также результаты измерений их акустических характеристик.

1. БОЛЬШОЙ ЗАЛ

Объемно-планировочное решение Большого зала является традиционным для театральных залов, поскольку в плане имеет подковообразную форму (рис. 1). Амфитеатр зала опоясывает партер, и два яруса балконов расположены в основном на тыловой стене. В центре второго яруса балкона расположено технологическое помещение. Зал имеет достаточно глубокую сцену и небольшие боковые сценические карманы. Высота сцены позволяет поднимать занавесы на всю высоту и имеет верхнюю и нижнюю механизацию. Перед сценой устроена оркестровая яма с изменяемым уровнем пола, что позволяет использовать её как авансцену при использовании зала в качестве концертного и расположением на ней музыкантов. Зал

оборудован системой звукоусиления. Таким образом, Большой зал является многофункциональным со следующими вариантами использования, различными с точки зрения акустических требований: концертный зал для исполнения классической и народной музыки в режиме естественной акустики; концертный зал с электроусилением для проведения концертов различной жанровой направленности; зал музыкального театра с режимами работы, как с естественной акустикой, так и со звукоусилением.

Большой зал имеет следующие геометрические характеристики. Его объем составляет 8100 м^3 . Длина зала от портала до задней стены равна 25 м, максимальная ширина – 27,7 м, средняя высота – 13,1 м. Воздушный объем на одного зрителя составляет $10,8 \text{ м}^3$.

Потолок зала имеет сложную форму и выполнен в виде продольных волнообразных полос с зазорами (фотография потолка на рис. 1) для обеспечения работы вытяжной системы вентиляции воздуха. В потолке имеется так же поперечный зазор шириной порядка одного метра для работы системы сценического освещения. Потолок изготовлен из литого гипса толщиной 50 мм и является хорошим отражателем звука. Отражения от источника на сцене направлены, в основном на амфитеатр и балконы.

Поверхность бетонных несущих стен обшита древесноволокнистыми листами, фанерованными натуральным шпоном, по металлическому каркасу. Для снижения звукопоглощения такой обшивки между лицевыми отделочными листами и каркасом расположены два гипсокартонных листа. Гипсокартонные листы и отделочные листы склеены между собой для увеличения жесткости обшивки. Расстояние между несущими бетонными стенами и внутренней стороной обшивки составляет от 50 до 200 мм. Пространство за обшивкой заполнено слоем волокнистого базальтового звукопоглотителя толщиной от 50 до 100 мм. При этом поверхность стен у сценического портала (примерно 6 м в глубину зала от сцены) оштукатурена. Непосредственно на штукатурку смонтированы шпонированные древесноволокнистые листы без откоса.

В центральной части продольных стен и на ограждениях амфитеатра и балконов размещены декоративные деревянные панели из брусков прямоугольного сечения различной размера, образующие рельефную поверхность с глубиной до 10 см (обмечены серым цветом на разрезе 1-1 на рис.1). Эти панели обеспечивают рассеяние звука на средних и высоких частотах.

Паркетные полы в партере зала выполнены на фанерном настиле по лагам. На балконе и амфитеатре паркетные полы выполнены по фанере, жестко уложенной на бетонное несущее основание.

В зале установлены кресла с мягким сиденьем и спинкой, обтянутыми тканью. Обратные стороны сиденья и спинки – жесткие.

Отметим, что в перспективе при проведении концертов симфонической музыки предполагается использование трансформируемой раковины на сцене для ограничения объема сценического пространства.

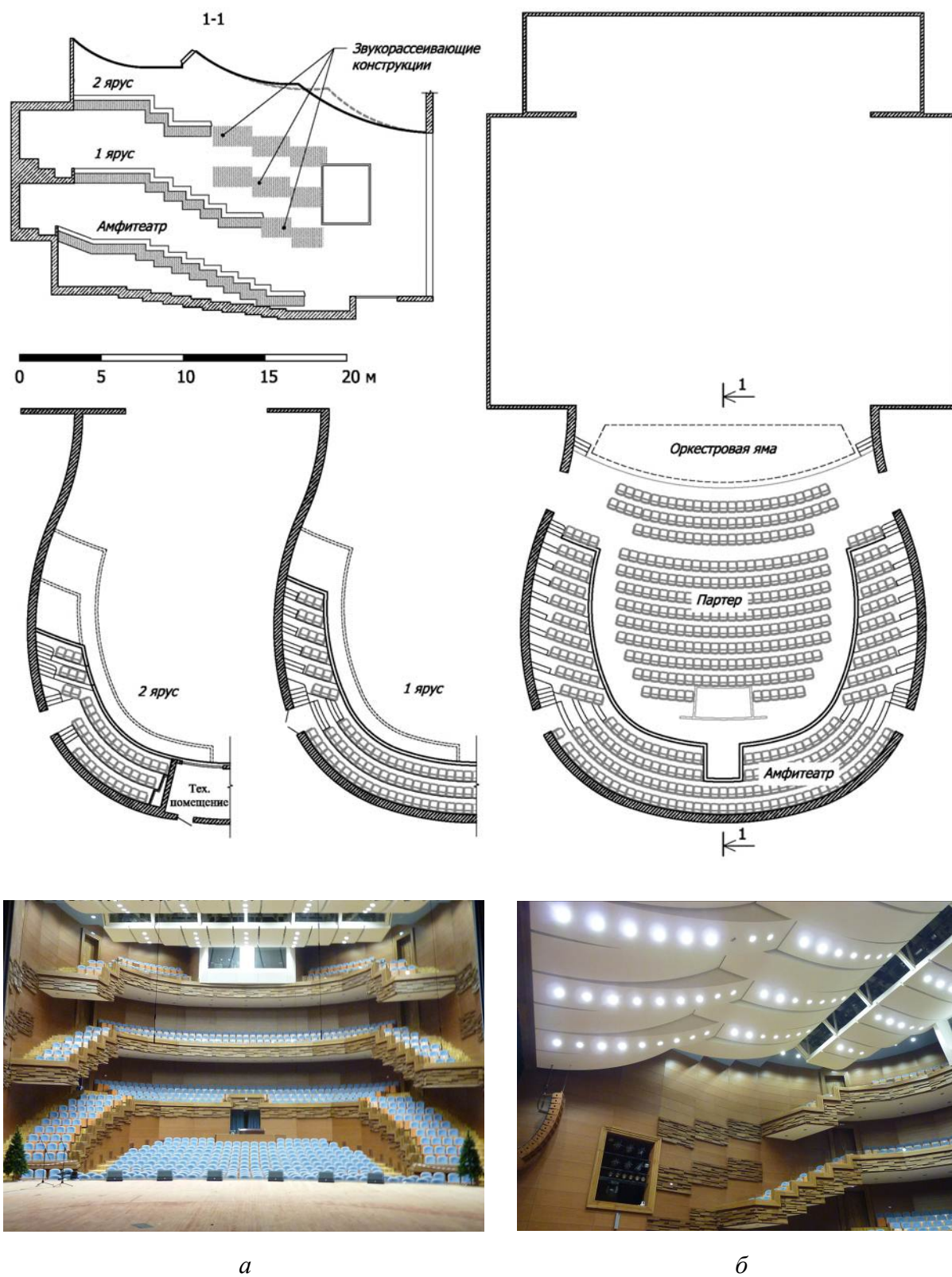


Рис. 1. Планы и разрез Большого зала.
На фотографиях: вид зала со сцены (а), вид на боковую стену и потолок (б)

2. КАМЕРНЫЙ ЗАЛ

Камерный зал имеет в плане форму, близкую к прямоугольной (рис. 2). При этом одна из продольных стен слегка вогнута внутрь объема зала и выполнена из сплошного стеклянного витража. Вдоль одной из поперечных стен на всю её ширину установлен духовой орган на невысокой эстраде. На другой поперечной стене расположены два яруса неглубоких по выносу зрительских балкона. Основное функциональное назначение зала – проведение концертов органной музыки. Также в зале предполагается проведение камерных концертов классической музыки и вокальных выступлений.

Объем зала составляет 3200 м^3 . Длина зала от органа до задней стены равна 21,6 м, высота – 12,4 м. Воздушный объем на одного зрителя составляет 16 м^3 .

Потолок зала выполнен из литого гипса. Поверхность потолка богато украшена геометрическим и растительным декором глубиной около 100 мм (фотография на рис. 2).

Конструктивно боковая и задняя стены зала выполнены аналогично отделке стен Большого зала – обшивки из гипсокартонных листов на металлическом каркасе с большим откосом от бетонных стен. В пространстве между стеной и обшивкой расположены вертикальные каналы вентиляционной системы и других инженерных сетей. На поверхности обшивки смонтированы декоративные деревянные панели из массива дуба.

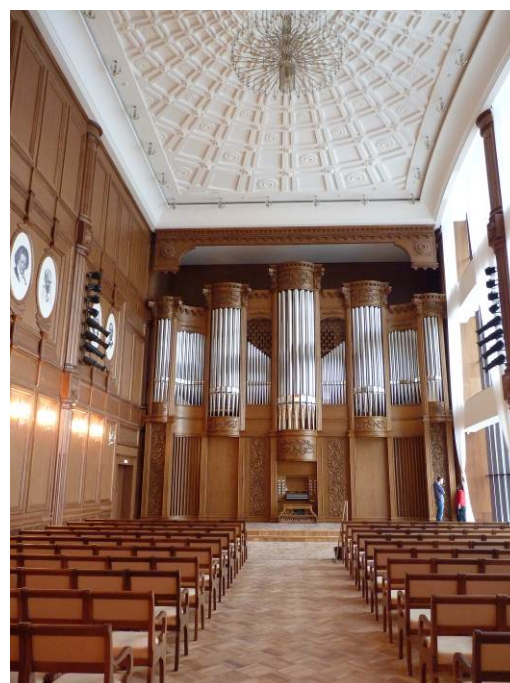
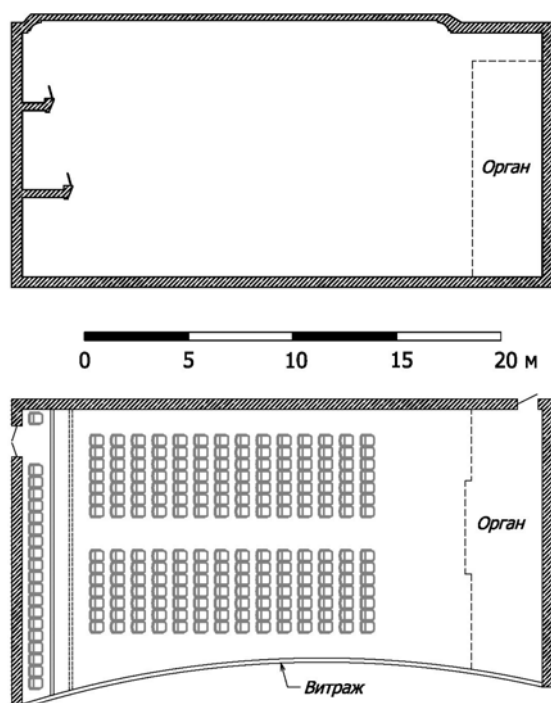


Рис. 2. Планы и разрез Камерного зала.
На фотографии: вид на фронтальную стену с органом и потолок

Шторы на витражной стене выполнены из акустически прозрачной ткани-сетки. В зале установлены кресла полумягкие без деревянных боковин.

Фасад духового органа выполнен из панелей дуба с орнаментальной накладной резьбой и большим количеством металлических труб.

3. АКУСТИЧЕСКИЕ ИЗМЕРЕНИЯ

В день официального открытия здания филармонии были проведены измерения акустических параметров обоих залов без зрителей в соответствии с методикой, регламентированной стандартом ISO-3382[1].

Во время измерений сцена Большого зала была полностью свободна, подъемная платформа оркестровой ямы находилась на уровне планшета сцены, на аръерсцене установлен экран для видеопроекции. Импульсные отклики измерены в 13 точках, равномерно распределенных по всем зрительским зонам зала для двух положений ненаправленного излучателя: на авансцене и в геометрическом центре сцены. Импульсный отклик, измеренный в центре партера при расположении источника на авансцене, представлен на рис. 3. Первое отражение звука происходит от ограждения амфитеатра, что обуславливает небольшое время запаздывания (14 мс) по отношению к прямому звуку. Среднее по всем измерениям значение времени реверберации RT приведено на рис. 3. Также на рис. 3 приведен результат расчета времени реверберации для зала, заполненного на 70 % [2]. Время реверберации в заполненном зале составляет 1,4 с на средних частотах и 1,1 с на высоких частотах. На низких частотах время реверберации возрастает, баланс низких частот BR составляет 1,31 (в пустом зале – 1,16). Согласно [3] повышенные значения BR соответствуют более «теплому» звуку при субъективном восприятии симфонической и камерной музыки.

В Камерном зале выполнены измерения импульсных откликов в 10 точках, равномерно расположенных при зрительской зоне, для одного положения ненаправленного излучателя на расстоянии 1,5 от органа на центральной оси зала. Импульсный отклик, записанный в центре зала, представлен на рис. 4. Время запаздывания первого прихода отраженного звука по отношению к прямому звуку составляет 12 мс. Время реверберации, измеренное в пустом зале и рассчитанное для заполненного зала, приведены на рис. 4. В заполненном зале время реверберации составляет 2,0 с на низких частотах, что близко к значениям, характерным для органных залов схожего объема [4]. Но на средних частотах наблюдается снижение времени реверберации до 1,5 с, на высоких частотах время реверберации имеет близкое значение – 1,4 с.

В таблице 1 приведены среднечастотные значения (среднее значение параметров на частоте 500 и 1000 Гц) акустических параметров, измеренных в залах филармонии без публики. Выбраны следующие параметры: время реверберации RT , баланс низких частот BR , время затухания ранних отражений EDT , индекс ясности C_{80} , время прихода первого отражения $ITDG$ и индекс речевой разборчивости $RaSTI$. Отметим, что измеренные значения близки к значениям, характерным для камерных концертных залов [5], объем которых сопоставим с объемами залов Пензенской филармонии.

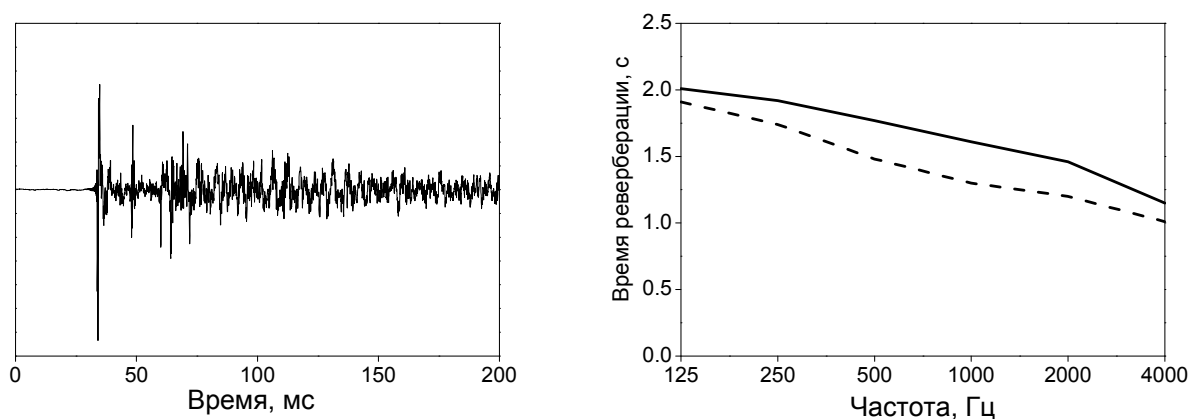


Рис. 3. Импульсный отклик, измеренный в центре партера, и время реверберации Большого зала (сплошная линия – измерение в пустом зале, пунктирная линия – расчет для зала с публикой)

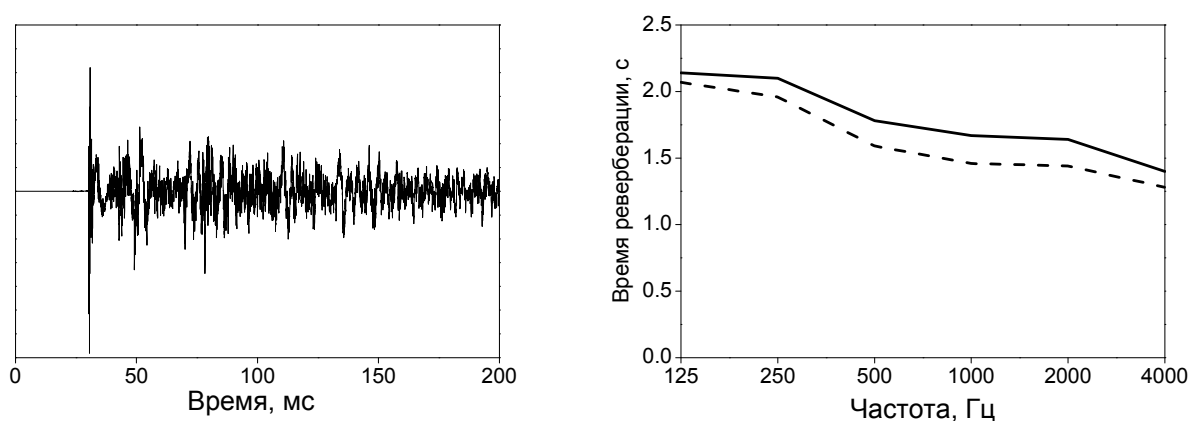


Рис. 4. Импульсный отклик, измеренный в центре зала, и время реверберации Камерного зала (сплошная линия – измерение в пустом зале, пунктирная линия – расчет для зала с публикой)

Таблица 1. Среднечастотные значения акустических параметров, измеренных в залах без публики

Параметр	Большой зал	Камерный зал
RT , с	1,69	1,73
BR	1,16	1,23
EDT , с	1,34	1,80
C_{80} , дБ	2,4	-1,0
$ITDG$, мс	14	12
$RaSTI$	0,58	0,46

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В новом здании Пензенской филармонии расположены два концертных зала.

Большой зал на 750 мест имеет подковообразную форму, традиционную для театральных залов. Зрительская часть зала разделена на партер, амфитеатр и два яруса балкона. Достаточно большое сценическое пространство обеспечивает широкие репертуарные возможности при эксплуатации зала. Акустические параметры зала характерны для залов с естественной акустикой, что позволяет проводить в зале концертные мероприятия различного жанра. Концерт открытия включал музыкальные произведения современной эстрадной музыки, вокальное исполнение солистов и хора, оперные партии, исполнение симфонической музыки камерным оркестром. Все произведения исполнялись с использованием системы звукоусиления. После концерта получены положительные отзывы об акустическом качестве зала от музыкантов, исполнителей, звукорежиссеров и зрителей.

Камерный зал на 200 мест имеет классическую прямоугольную форму. В зале установлен орган, при этом зал используется не только для проведения органных концертов, но для сольных выступлений или концертов небольших музыкальных коллективов. Небольшой объем зала и отсутствие массивных отражающих стен в зале не позволили достичь высоких значений времени реверберации, желательных для органной музыки. В связи с чем восприятие органной музыки в данном зале отличается от традиционного восприятия, сформированного в помещениях с высокой гулкостью. В тоже время акустика зала отвечает требованиям для концертного камерного зала, что было отмечено на первом концерте.

Авторы выражают благодарность Перетокину А.В. за помощь в проведении акустических измерений.

ЛИТЕРАТУРА

1. ISO-3382. Acoustics – Measurements of the reverberation time of rooms with reference to the other acoustical parameters. ISO, Geneva, Switzerland, 2009.
2. Hidaka T., Nishihara N. Beranek L. Relation of acoustical parameters with and without audiences in concert halls and a simple method for simulating the occupied state. J. Acoust. Soc. Am. 2001. V. 109. P. 1028-1042.
3. Beranek L. Concert and Opera Houses. Springer Verlag, New York, 2004.
4. Кравчун П. Н., Ланэ М. Ю. Акустика органных залов Санкт-Петербурга. Сб. трудов XXII сессии Российского акустического общества. Физическая акустика. Нелинейная акустика. Оптоакустика. Распространение и дифракция волн. Архитектурная и строительная акустика. М., 2010 с.303-306.
5. Hidaka T., Nishihara N. Objective evaluation of chamber music halls in Europe and Japan. J. Acoust. Soc. Am. 2004. V. 116. P. 357-372.