

УДК 534.61

Анализ характера распространения звуковых волн в актовом зале Муромского института ВлГУ

Туманов М.А., Хромулина Т.Д., Булкин В.В.

Представлены результаты анализа характера распространения звука в условиях актового зала Муромского института ВлГУ. Представлены амплитудно-частотные характеристики, полученные по результатам измерений в характерных точках зала. Измерения проводились с использованием шумомера АССИСТЕНТ в линейном режиме. Для получения более полной характеристики оценка уровня звукового давления осуществлялась в третьоктавных диапазонах. Анализировалось изменение АЧХ в каждой из точек в сравнении с реальной АЧХ акустических систем, установленных в зале, также полученных с использованием шумомера. Наибольшие потери уровня звукового давления, как и ожидалось, наблюдаются в диапазоне 12500-20000 Гц – от 23 до 38 дБ, на частоте 12500 Гц потери могут составлять 30 дБ. Зафиксированные АЧХ отличаются значительной «изломанностью». Рекомендовано для создания более равномерного распределения звуковой энергии применять дополнительные среднечастотные и высокочастотные акустические системы, размещаемые, например, на боковых стенах зала вдоль длинных стен.

Ключевые слова: амплитудно-частотная характеристика, акустическая система, шумомер, уровень звукового давления, зрительный зал.

Введение

Применение современного радиоэлектронного звукоусилительного оборудования и соответствующих акустических систем обеспечивает создание хороших возможностей для формирования достаточно качественного звукового сигнала в тех помещениях, которые, во-первых, относятся к «общественно-концертным», а во-вторых, не отличаются улучшенными акустическими характеристиками. Большое разнообразие такой аппаратуры, в сочетании с тщательной наладкой её в условиях реальной эксплуатации и анализом формирования акустического пространства, обеспечивает формирование широкого диапазона воспроизводимых частот и большого динамического диапазона.

Отсутствие узкой специализации и многофункциональность таких помещений как правило не позволяют говорить об обеспечении идеальных условий для реализации концертных или театральных программ. Многие залы предназначены для широкого круга общественно-культурных мероприятий, начиная от собраний трудовых коллективов до концертных программ. В большинстве таких случаев ограничиваются решением задачи формирования более-менее равномерного звукового пространства по всему объёму зала.

Одним из параметров наличия хорошей акустики помещения является относительно ровная амплитудно-частотная характеристика (АЧХ) в объёме зала. Линейность АЧХ помещения формирует однородность звукового поля [1]. В худших вариантах представления акустики в помещении могут возникать частотные провалы или пики. Это объясняется проявлением нелинейных свойств воздушной среды. Для того чтобы избежать влияния относительной неровности АЧХ помещения, необходимо выявить проблемные зоны и расставить аппаратуру таким образом, чтобы свести к минимуму отражения от твердых поверхностей, сохранив достаточный уровень прямого звука [2].

При этом, безусловно, следует учитывать, что АЧХ зала в существенной степени зависит от архитектурно-планировочных особенностей самого зала: от формы помещения, его размеров, наличия конструктивных элементов, обеспечивающих отражение или поглощение звуковой энергии, размещения источника звука, и т.п.

Целью работы является анализ АЧХ в объёме зрительного пространства Актового зала Муромского института Владимирского государственного университета.

Анализ архитектурно-планировочных особенностей зала

В настоящее время после нескольких перепланировок зал имеет вид, показанный на рис.1. Общая длина зала – 29750 мм, высота в зоне партера – 7150 мм. Высота амфитеатра в зоне расположения входных дверей (задняя стена партера, под амфитеатром) – 2900 мм относительно пола партера, у задней стены амфитеатра – 4200 мм. Высота сцены – 960 мм.

Зрительские кресла установлены только в зоне амфитеатра, партер может оборудоваться посадочными местами в случае необходимости.

Потолок зала подвесной, с использованием звукопоглощающих гипсокартонных листов из материала САУНДЛАЙН-Акустика, обладающих звукопоглощающими свойствами резонансного типа [3].

Залы, оборудованные системами озвучивания, обычно делят на две группы [4]:

1) залы, в которых зрители воспринимают звук непосредственно со сцены и при помощи звукоусиления (лекционные, концертные залы, залы многоцелевого назначения);

2) залы, в которых зрители воспринимают звук практически только с помощью звуковоспроизводящей системы.

В целом, в силу выполняемых функций, зал следует отнести ко второй группе, когда звуковосприятие в основном обеспечивается применяемой аппаратурой.

Акустические системы (АС) располагаются по краям открытого сценического пространства и состоят каждая из двух параллельно включённых систем JBL JRX115, установленных одна на другую фронтально к залу. Рабочая мощность каждой АС - 250-500 Вт; создаваемое звуковое давление до 128 дБ; воспроизводимые частоты 50-12500 Гц (при неравномерности АЧХ не более ± 3 дБ); номинальные углы покрытия $90^\circ \times 50^\circ$; габаритные размеры 699x460x432 мм.

Под сценой в нишах на уровне «чуть выше пола» установлены два сабвуфера (СВ) JBL JRX118S. Номинальная выходная мощность 350 Вт; частотный диапазон - 38-300 Гц (при неравномерности АЧХ не хуже ± 3

дБ); звуковое давление до 133 дБ; угол охвата – всенаправленные.

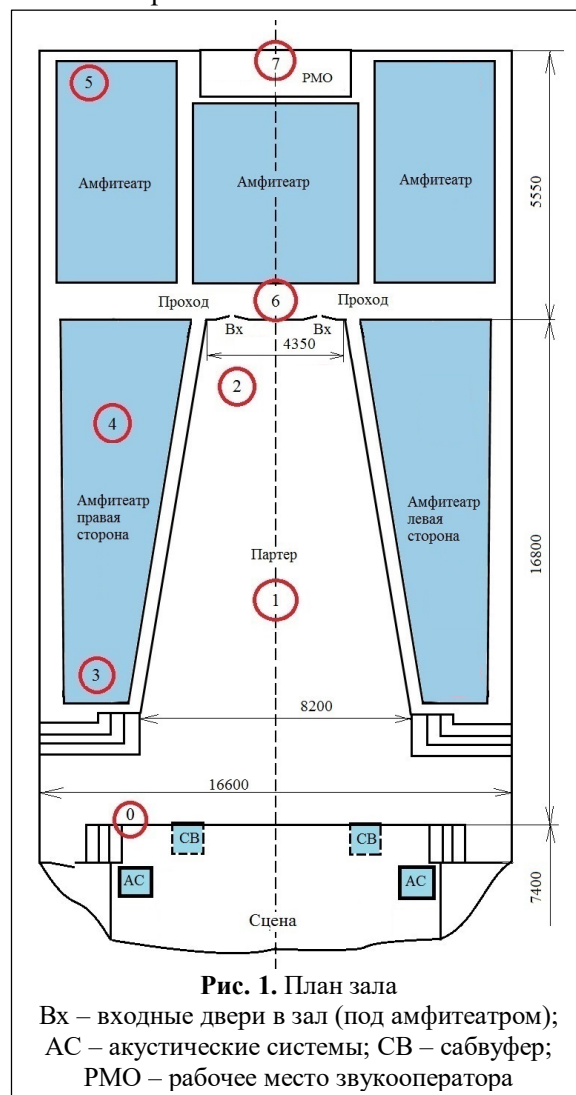


Рис. 1. План зала

Вх – входные двери в зал (под амфитеатром);
АС – акустические системы; СВ – сабвуфер;
РМО – рабочее место звукооператора

Усилитель Peavei CS1400. Номинальная мощность 550 Вт; коэффициент нелинейных искажений не более 0,20% в полосе 20–20000 Гц.

Анализ АЧХ зала

Измерения проводились в соответствии с [5]. В качестве контрольно-измерительного средства использовался шумомер I класса АС-СИСТЕНТ с микрофоном МК265. На момент проведения измерений шумомер имел поверку. Микрофон располагался на уровне 1700 мм от уровня пола, ориентация – вверх.

Контроль АЧХ осуществлялся в точках зала, отмеченных на плане. Поскольку структура зала симметрична относительно осевой линии, измерения проводились в точках правой стороны, а АЧХ в точках левой стороны

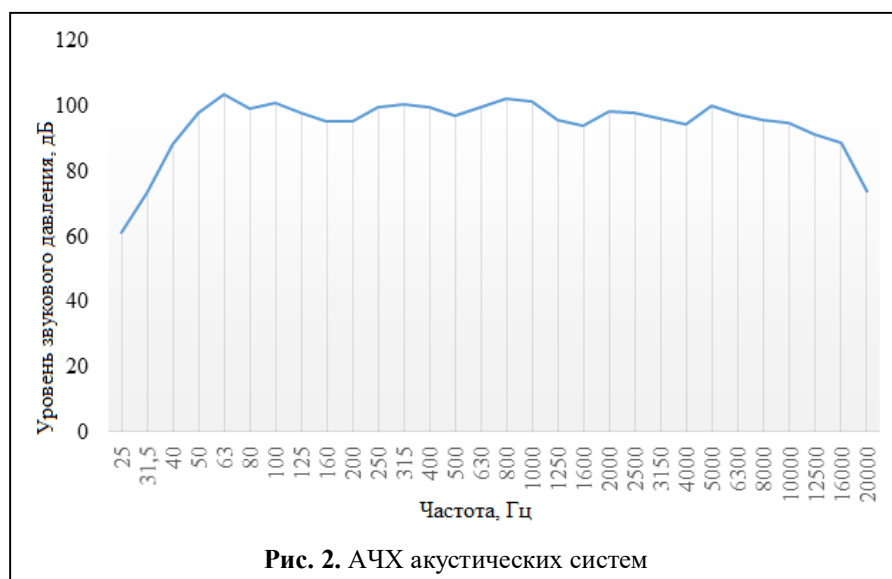


Рис. 2. АЧХ акустических систем

по умолчанию принимались соответствующими правой стороне.

Для получения более полной картины АЧХ контроль осуществлялся в режиме третьоктавных диапазонов в линейном режиме измерения. В каждой из точек фиксировалось пять групп значений уровня звукового давления (УЗД) на каждой из средне-взвешенных частот (от 25 до 20000 Гц), после чего среднее значение по частотам вычислялось по соотношению [5]

$$L_f = 10 \lg \left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n 10^{0,1L_i} \right),$$

где L_f – среднее значение УЗД на частоте f ; i – число измерений на данной частоте (в нашем случае $i=1 \dots 5$); L_i – зафиксированное значение УЗД на конкретной частоте в i -том

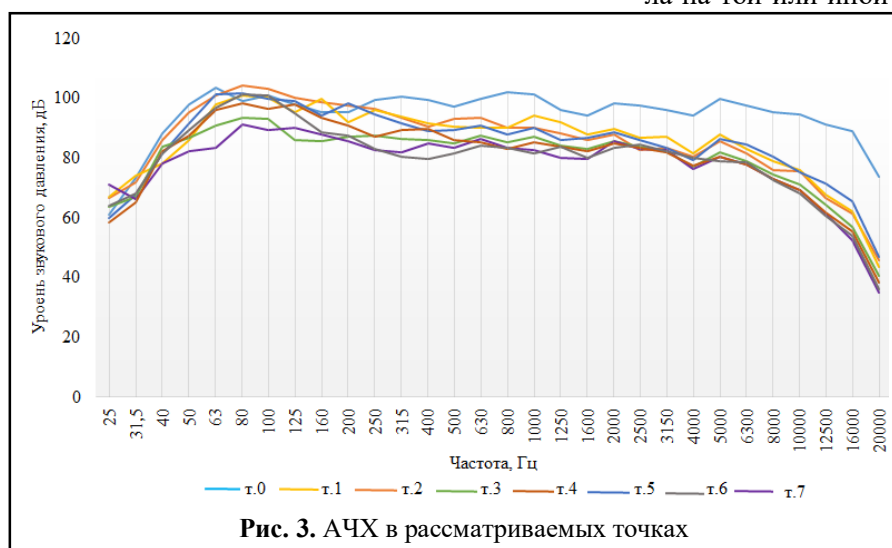


Рис. 3. АЧХ в рассматриваемых точках

измерении.

В качестве акустического сигнала использовался шумоподобный сигнал (типа «белого шума»), который с выхода ПК подавался на вход усилителя. Для обеспечения максимально возможной равномерности АЧХ исходного сигнала была проведена предварительная коррекция с использова-

нием имеющегося в ПК стандартного графического многополосного эквалайзера.

В точке «0» осуществлялся анализ АЧХ самих АС. Измерения проводились на расстоянии 1000 мм от АС, микрофон был ориентирован перпендикулярно на источник сигнала. Полученная АЧХ представлена на рис.2. Из графика видно, что в диапазоне частот от 50 до 12500 Гц фактическая неравномерность составляет ± 6 дБ. Очевидно, что свой вклад в выявленную неравномерность вносит сам генерируемый шум, а также звуковая карта ПК.

В дальнейшем АЧХ в точке «0» принималась за исходную и все полученные средние значения отсчитывались от неё. В результате получены значения, характеризующие изменения АЧХ, ослабление или усиление сигнала на той или иной частоте в различных точках пространства зала.

Общая картина по рассматриваемым семи точкам зала представлена на рис. 3.

Можно отметить, что уже после частоты 250 Гц во всех точках наблюдается ослабление сигнала в сравнении с исходным.

Некоторое совпадение с исходным уровнем на низких

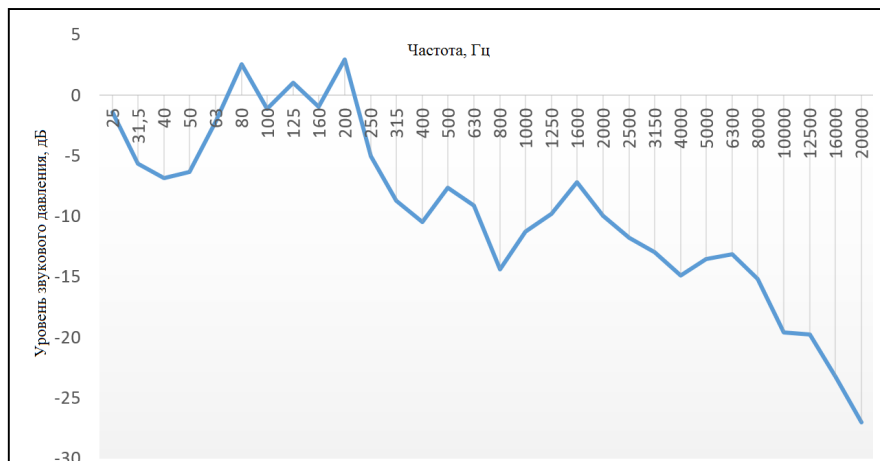


Рис. 4. АЧХ в т. 3

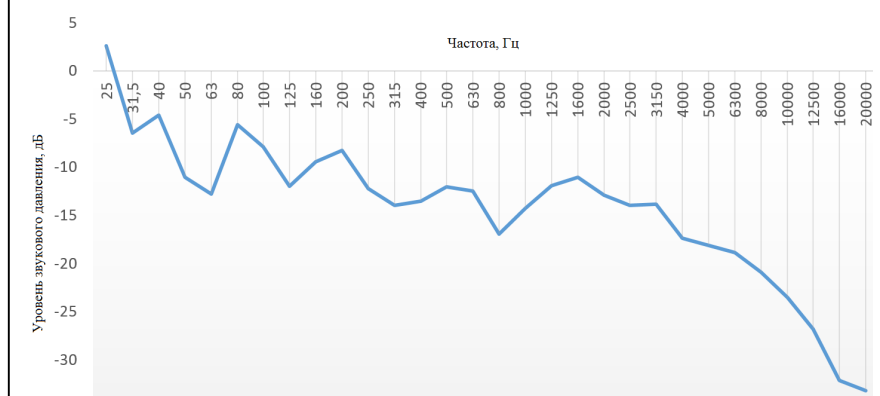


Рис. 5. АЧХ в т. 4

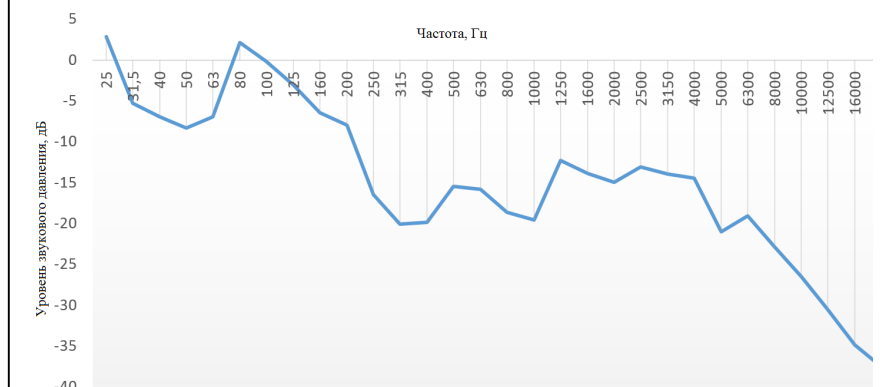


Рис. 6. АЧХ в т. 7

частотах безусловно может быть объяснено влиянием сабвуфера.

Анализируя кривые, характеризующие изменения АЧХ в сравнении с исходной (некоторые из них приведены на рис. 4-6) можно отметить, что наибольшие потери, как это и ожидалось, имеют место на частотах 12500-20000 Гц – от 23 до 38 дБ. Например, в тт. 1, 2 и 3 (рис. 4) – ближняя зона амфитеатра и вся зона партера – потери на высоких

частотах наиболее явно проявляются в партере. В ближней зоне амфитеатра АЧХ потерь в целом имеют сходную картину, но численные значения потерь несколько меньше. Кроме того, в этих точках наблюдается некоторое повышение УЗД на частотах в диапазоне 63-250 Гц, что, безусловно, определяется влиянием сабвуфера.

Наиболее «линейный» характер снижения уровня сигнала наблюдается в средней части амфитеатра – т.4 (рис. 5). Реально колебания уровней по мере снижения характеристики составляют не более 5 дБ, что вполне вписывается в заявленные ± 3 дБ неравномерности АЧХ самой акустической системы.

АЧХ в т.6 в целом повторяет изломанность характеристики в т.3.

Особого внимания требует АЧХ в т.7 (рабочая зона звукооператора), поскольку от его

звукосприятия в значительной степени зависит возможность коррекции характеристик. Именно в этой зоне имеют место резкие перепады (например, от +2 дБ на частоте 80 Гц до -20 дБ на частоте 315 Гц). Некоторый «подъём» и стабилизация наблюдается в диапазоне максимальной чувствительности человеческого уха (1250–4000 Гц), а затем УЗД падает до -30 дБ на частоте 12500 Гц и до -38 дБ на частоте 20000 Гц (рис. 6).

Заключение

Таким образом, можно сделать вывод о том, что при наличии двух фронтально установленных с каждой стороны сцены АС данного типа равномерность АЧХ на всём пространстве зрительской зоны не может быть признана удовлетворительной для задач культурно-массовых мероприятий.

Выравнивание характеристики силами используемого микшера также невозможно в силу того, что последний обеспечивает регулировку только по трём полосам в диапазоне ± 15 дБ.

Очевидно, что необходима установка более современного звукоусилительного оборудования с размещением дополнительных АС, предназначенных для компенсации потерь звуковой энергии и переотражений от стен в области средних и высоких частот. Например, система 7.1, предусмотренная стандартом MPEG-2 (ISO/IEC-13818), рекомендует фронтальные (левый, центральный и правый), боковые (левый и правый), тыловые (левый и правый) блоки АС [6]. Система 22.2 предполагает расположение АС в три слоя по высоте: 9 – в верхнем слое, 10 – в среднем, 3 широкополосных и 2 сабвуфера – в нижнем слое.

Проведение работ по выравниванию звукового пространства зала, безусловно, должно учитывать тот факт, что зал МИ ВлГУ не предназначен для концертных программ высокого уровня и не может сравниться с лучшими концертно-театральными площадками, такими, как Большой театр в Москве, новая сцена Мариинского театра в Санкт-Петербурге, Концертный зал в Берлине,

Оперный театр в Сиднее и т.п. И тем не менее, даже достаточно простые решения на уровне дополнительных систем, установленных вдоль длинных стен зала и над сценическим проёмом, могут существенно улучшить АЧХ, повысить разборчивость звука.

Литература

1. Гришко А.К. Бойцова М.В. Методы субъективной оценки качества звучания электроакустических систем / Труды международного симпозиума «Надёжность и качество», Том 2. – Пенза: ПГУ, 2006. – С. 141–143.

2. Костюкевич Н.А. Особенности звукокоррекции концертно-зрелищных мероприятий в акустически неподготовленных помещениях / Экспериментальные и теоретические исследования в современной науке // Сборник статей по материалам III международной научно-практической конференции. Новосибирск, 27 сентября - 6 октября 2017 г. – Новосибирск: Ассоциация научных сотрудников «Сибирская академическая книга», 2017. – С.9-15.

3. САУНДЛАЙН-Акустика / Технология звука. – Режим доступа: <https://tz72.ru/products/soundline-acoustic> (Обращение 24.12.2018).

4. Тарасенко В.Н., Дегтев И.А. Особенности проектирования зала многоцелевого назначения / Научно-технологические инновации // Сборник докладов международной научно-практической конференции. Белгород, 6-7 октября 2016 г. – Белгород: БГТУ, 2016. – С.205-209.

5. ГОСТ 23337-2014. Шум. Методы измерения шума на селитебной территории и в помещениях жилых и общественных зданий / Инженерная и санитарная акустика. Сборник нормативно-методических документов. В 2 томах. Том 1. – СПб.: Компания «Интеграл», 2008. – С.355-384.

6. Горчаков Б.М. Некоторые особенности систем пространственного воспроизведения звука / Инфокоммуникационные технологии. Том 6, №4, 2008. – С 101-106.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 18-38-00909.

Поступила 26 июля 2018 г.

Presents the results of the analysis of the nature of the propagation of sound in the conditions of the assembly hall of the Mu-rum Institute of Vladimir State University. The amplitude-frequency characteristics obtained from measurements in characteristic points of the hall are presented. The measurements were carried out using the ASSISTANT sound noise meter in the linear mode. To obtain a more complete characterization, the sound pressure level was estimated in the one-third octave. Analyzed the change in the frequency response at each point in comparison with the real frequency response of acoustic systems installed in the hall, also obtained using a sound level meter. The greatest loss of sound pressure level, as expected, is observed in the range of 12500-20000 Hz - from 23 to 38 dB, at a frequency of 12500 Hz, the loss can be 30 dB. Recorded frequency response is a significant "broken". It is recommended to use addi-

tional mid-frequency and high-frequency acoustic systems, which are placed, for example, on the side walls of the hall along long walls, to create a more uniform distribution of sound energy.

Key words: amplitude-frequency characteristic, acoustic system, noise meter, sound pressure level, to the hall.

Туманов Михаил Александрович – магистрант кафедры радиотехники Муромского института (филиала) ФГБОУ ВО «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых».

E-mail: mix.tumanoff2017@yandex.ru.

Адрес: 602264, г. Муром, ул. Орловская, д. 23.

Хромулина Татьяна Дмитриевна – инженер Муромского филиала ООО "Владимиртеплогаз".

E-mail: misery83@yandex.ru.

Адрес: 602263, г. Муром, ул. Первомайская, 110А.

Булкин Владислав Венедиктович – доктор технических наук, профессор кафедры техносферной безопасности Муромского института (филиала) ФГБОУ ВО «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых».

E-mail: lwb-kipra@mail.ru.

Адрес: 602264, г. Муром, ул. Орловская, д. 23.