

Проектирование акустики домашних кинотеатров

А.И. Герасимов, С.Д. Горчакова

Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет (НИУ МГСУ), Москва

Аннотация: Анализ основных требований, предъявляемых к акустике залов домашних кинотеатров. Обеспечение оптимального времени реверберации и выбор электроакустической системы в помещениях домашних кинотеатров.

Ключевые слова: акустика, звук, звуковое поле, домашний кинотеатр, время реверберации, коэффициент звукопоглощения, площадь звукопоглощения, акустические системы, громкоговорители.

Акустика помещений занимается вопросами звукового воздействия на человека, находящегося в том же помещении, в котором возникает звук, и создания комфортного акустического климата в помещениях различного назначения, благоприятных условий восприятия музыки и речи. Это понятие относится также к помещениям домашних кинотеатров объемом, как правило, $\sim 60-150 \text{ м}^3$.

Человек воспринимает звук посредством основного механизма слуха, при котором звук передается от наружного уха к среднему и внутреннему через так называемый «воздушный канал», а также через черепные кости головы, являющиеся приемниками звука. В данном случае звук передается непосредственно через кости головы к внутреннему уху, обходя таким образом наружное и среднее ухо. Это воздействие структурного звука на внутреннее ухо играет особую роль при слушании собственного голоса. При смешении структурного звука с воздушным звуком слуховое восприятие так сильно отличается, что после исключения структурного звука, например при воспроизведении записи звука, мы с трудом узнаем собственный голос.

Слуховой аппарат способен воспринимать звуки частотой от 20 Гц до 20 кГц. Взрослый человек с еще неповрежденным слухом воспринимает, как правило, частоты от 16 Гц до 16 кГц; молодые люди с нормальным слухом до 20 кГц, а маленькие дети до 24 кГц. Наиболее чувствительно человеческое

ухо к звуку порядка 1000 Гц. Средняя звуковая мощность, создаваемая голосом человека в помещении средних размеров составляет $P=10^{-5}$ Вт.

Помещения (залы) домашних кинотеатров, основной функцией которых является прослушивание музыки и речи, должны удовлетворять следующим основным требованиям:

1. Уровень фонового шума (шума от соседей или улицы) должен быть достаточно низким, а нужные звуки- достаточно громкими для того, чтобы последние были слышимыми, разборчивыми и свободными от помех, а их прослушивание доставляло удовольствие.

2. Звуковое поле должно быть диффузным (равномерно распределенным по объему) и свободным от точек молчания и зон повышенной громкости.

3. В помещении не должно быть эха, многократных отражений звука, стоячих волн и прочих акустических искажений.

4. Время реверберации (гулкости помещения) должно быть оптимальным и хорошо сбалансированным во всем диапазоне слышимых частот [1-3].

При необходимости, исключение влияния фонового шума на акустический режим помещения обеспечивается повышением звукоизоляции ограждающих конструкций (наружных и внутренних стен, перекрытий и окон).

Диффузность звукового поля достигается, в основном, за счет равномерного распределения громкоговорителей по объему помещения. Следует иметь в виду, что чрезмерное усиление звукового сигнала не приводит к положительным результатам. Громкость звука должна быть ограничена 70 дБ.

Отсутствие эха и многократного отражения (порхающее эхо) может быть гарантировано за счет применения звукопоглощающих материалов и конструкций (акустические панели, подвесная система потолка).

Использование данных решений позволит повысить звукоизоляционные качества ограждающих конструкций [4-5].

Как показывает практика акустического проектирования, оптимальное время реверберации для данного назначения помещений в расчетном диапазоне частот порядка $T=0,3$ с.

Акустическое проектирование включает следующие основные позиции:

1. Оценка акустического режима помещения домашнего кинотеатра;
2. Акустическое благоустройство помещения;
3. Электроакустическое оборудование помещения.

Вначале определяются внешние и внутренние источники шума и, в случае необходимости, проводятся комплексные мероприятия по их устранению за счет повышения звукоизоляции ограждающих конструкций (наружных и внутренних стен, окон и перекрытий). Затем осуществляют расчет времени реверберации в помещении кинотеатра. Для времени реверберации в помещении необходимы его объем V , m^3 , суммарная площадь ограничивающих поверхностей $S_{общ.}$, m^2 , эквивалентная площадь звукопоглощения $A_{общ.}$, m^2 . Величина $A_{общ.}$ определяется обычно на трех частотах 125, 500, и 2000 Гц.

Находим $A_{общ.}$ по формуле:

$$A_{общ.} = \sum \alpha_i \cdot S_i + \sum A, m^2,$$

где $\sum \alpha_i \cdot S_i$ - суммарное произведение коэффициентов звукопоглощения α_i материала отдельных поверхностей на их площадь S_i , m^2 ; $\sum A$ - суммарное эквивалентное звукопоглощение за счет одежды людей и материала обивки кресел [6-7].

После определяются значения $\alpha_{cp.} = \frac{A_{общ.}}{S_{общ.}}$ на частотах 125, 500 и 2000Гц.

Если $\alpha_{cp.} > 0,2$, время реверберации определяется $T = \frac{0,163V}{\alpha_{cp.}}$, с, а в нашем

случае помещения малых объемов $\alpha_{cp.} < 0,2$, - $T = 0,163 \frac{V}{S_{общ.} \cdot \varphi(\alpha_{cp.})}$, с, где $\varphi(\alpha_{cp.})$ -

функция среднего коэффициента звукопоглощения.

Расчетное время реверберации должно соответствовать установленному оптимальному значению ($T_{opt}=0,2-0,3$).

Если время реверберации, полученное в результате расчета, превышает оптимальное значение, необходимо увеличить звукопоглощение в зале. Для этого, исходя из требуемого времени реверберации T_{opt} вычисляем:

$$\varphi(\alpha_{cp.}^{opt.}) = \frac{0,163}{T_{opt.} \cdot S_{общ.}}$$

По найденному значению $\varphi(\alpha_{cp.}^{opt.})$ находим средний коэффициент звукопоглощения $\alpha_{cp.}^{opt.}$, после чего получаем требуемую общую эквивалентную площадь звукопоглощения зала $A_{общ.}^{opt.} = \alpha_{cp.}^{opt.} \cdot S_{общ.}$. Сравнив это значение с величиной $A_{общ.}$, определяем насколько необходимо изменить эквивалентную площадь для достижения нужного времени реверберации.

Как показывает практика, в помещениях малого объема $\sim 60-150 \text{ м}^3$, чтобы получить желаемое время реверберации, достаточно устройство подвесного звукопоглощающего потолка и облицовки: задней стены (против экрана) звукопоглощающим материалом, либо устройство акустических панелей [8].

Обычно мощность акустической системы (громкоговорители) устанавливается с «запасом прочности» для частичной компенсации направленности распределения звуковой энергии в помещении и частично

для обеспечения того, чтобы громкоговорители (динамическая система) ни при каких условиях не работали с предельной нагрузкой.

При выборе акустической системы следует обратить особое внимание на акустические характеристики громкоговорителей и их зависящей от частоты направленности. Обычный, установленный в ящик громкоговоритель имеет на низких частотах сферическую диаграмму направленности, тогда на высоких частотах диаграмма направленности имеет вид луча.

Эту проблему можно разрешить, используя несколько высокочастотных громкоговорителей. При использовании акустической колонки, по причине явления интерференции, громкоговорители, находящиеся в центре колонки, как бы втиснутые между внешними громкоговорителями, излучают плоские звуковые волны при отсутствии рассеивания энергии в вертикальном направлении. Частотная зависимость направленности таких звуковых колонок больше, чем у одиночных громкоговорителей. Это может привести к исключению спектра воспринимаемых звуков и является одной из причин трудностей в обеспечении достаточной выходной мощности на низких частотах (звук низких частот рассеивается в нежелательных направлениях). Таким образом, необходим подбор громкоговорителей и их размещение в помещении кинозала в соответствии с характеристикой их направленности.

При озвучивании зала обычно принимаются две акустические системы: центральная (фронтальная) и распределенная. При малых размерах помещения целесообразно использование фронтальной акустической системы из двух колонок. В этом случае она наиболее предпочтительна, поскольку более компактна и в некоторых случаях несколько дешевле (например: System Audio SA1750). Для создания комфортного объемного звучания (квардроакустика) громкоговорители целесообразно располагать

равномерно по всей площади помещения зала. Низкочастотные бас динамики располагаются во фронтальной зоне (перед экраном), высокочастотные – с тыльной и по боковым сторонам. В случае использования многоканальной системы типа Dolby, один громкоговоритель можно установить на плоскости потолка для получения большего акустического эффекта (шум дождя, полет самолета и т.п.) [9-10].

При выборе распределенной акустической системы, как показывает практика, целесообразно использование громкоговорителей фирмы «Hyundai», JVC.

Литература

1. Акустика / Вахитов Ш.Я., Ковалгин Ю.А, Фадеев А.А. и др.; под ред. Ковалгина Ю.А. М.: Горячая линия-Телеком, 2009. 660 с.
 2. Marshall Long Architectural Acoustics. NY: Academic Press, 2005. 872 p.
 3. Волченков В.А. Обнаружение пауз в речевых сигналах // Инженерный вестник Дона, 2013, №4 URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2013/2024/.
 4. Набокова Я.С. Эффективные строительные материалы и способы возведения зданий // Инженерный вестник Дона, 2008, №4. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2008/96/.
 5. Кочкин А.А. Шашкова Л.Э. О повышении звукоизоляции ограждающих конструкций // Academia. Архитектура и строительство. 2010. №3. С. 198–199.
 6. Ковригин С.Д., Крышов С.И. Архитектурно-строительная акустика. 2 изд. М.: Высшая школа, 1986. 256 с.
 7. Jambrosic K. Reverberation time measuring methods, // Journal of Acoustical Society of America. 2008. №5. pp. 36-39.
 8. Герасимов А.И. Звукоизоляционные и звукопоглощающие материалы и их применение в строительстве // Academia. Архитектура и строительство. 2009. №5. С. 209-215.
-



9. Фурдудев В.В. Электроакустика. М.-Л.: ОГИЗ ГИТТЛ, 1948. 516 с.

10. Вахитов Ш.Я., Смирнова Н.А. Расчет и проектирование кинотеатральных громкоговорителей. СПб.: СПбГУКиТ, 2000. 64 с.

References

1. Vaxitov Sh.Ya., Kovalgin Yu.A, Fadeev A.A., Shhev`ev Yu.P. Akustika [Acoustics], Moscow: Goryachaya liniya-Telekom, 2009, 660 p.

2. Marshall Long Architectural Acoustics. NY: Academic Press, 2005, 872 p.

3. Volchenkov V.A. Inzhenernyj vestnik Dona (Rus), 2013, №4. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2013/2024/.

4. Nabokova YA.S. Inzhenernyj vestnik Dona (Rus), 2008, №4. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2008/96/.

5. Kochkin A.A. Shashkova L.EH. Academia. Arhitektura i stroitel'stvo, 2010, №3, pp.198-199.

6. Kovrigin S. D, Kryshov S.I. Arhitekturno-stroitel'naya akustika [Architectural and building acoustics]. Moskva: Vysshaya shkola, 1986, 256 p.

7. Jambrosic K. Journal of Acoustical Society of America, 2008, №5, pp. 36-39.

8. Gerasimov A.I. Academia. Arhitektura i stroitel'stvo, 2010, №5, pp.208-215.

9. Furduev V.V. EHлектроакустика. [Electroacoustics]. Moscow-Leningrad: OGIЗ GITTL, 1948, 516 p.

10. Vahitov SH.YA., Smirnova N.A. Raschet i proektirovanie kinoteatral'nyh gromkogovoritelej. [Calculation and design of cinema speakers]. Sankt-Peterburg: SPbGUKiT, 2000, 64 p.