



## АКУСТИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ СИСТЕМЫ ЗВУКОУСИЛЕНИЯ БОЛЬШОГО АКТОВОГО ЗАЛА ТУИТ

Ешниязова Гоззал Бахтияровна – ассистент Нукуского филиала Ташкентского университета информационных технологий имени Мухаммада аль-Хорезмий.

**Аннотация.** Шумовой режим в помещениях во многом определяется внутриквартирными источниками звука. Для его оценки необходимы соответствующие методы расчета шума. Однако в настоящее время отсутствуют исследования возможности его применения для расчета шума в помещениях как в системах акустически связанных помещений.

Целью исследования являлись установление возможности использования статистического метода расчета для акустических расчетов в актовом зале.

Исследования возможностей статистического метода расчета производились путем сравнения результатов расчетов с предварительными данными. Расчеты выполнялись с использованием разработанной компьютерной программы.

Ключевые слова: поверхности стен, дверей и пола, акустический мощность, коэффициент звукопоглощения, звуковая поля.

**Annotatsiya.** Xonadagi shovqin rejimi asosan ichki ovoz manbalari tomonidan belgilanadi. Uni baholash uchun shovqinni hisoblashning tegishli usullari talab qilinadi. Biroq, hozirda uning akustik biriktirilgan xonalar tizimida kabi shovqinni hisoblash uchun qo'llash imkoniyati bo'yicha tadqiqotlar mavjud emas.

Tadqiqotning maqsadi majlislar zalida akustik hisob-kitoblarni statistik hisoblash usulidan foydalanish imkoniyatini aniqlash edi.

Hisoblashning statistik usulining imkoniyatlarini o'rganish hisoblash natijalarini dastlabki ma'lumotlar bilan taqqoslash orqali amalga oshirildi. Hisob-kitoblar ishlab chiqilgan kompyuter dasturi yordamida amalga oshirildi.

Kalit so'zlar: devorlar, eshiklar va pollarning sirtlari, akustik quvvat, ovozni yutish koeffitsienti, ovozlari maydonlar.

**Abstract.** The noise regime in the premises is largely determined by the in-house sound sources. Appropriate noise calculation methods are required to evaluate it. However, there are currently no studies on the possibility of its application for calculating noise in rooms as in systems of acoustically coupled rooms.

The aim of the study was to establish the possibility of using the statistical calculation method for acoustic calculations in the assembly hall.

Studies of the possibilities of the statistical method of calculation were carried out by comparing the calculation results with preliminary data. The calculations were performed using the developed computer program.

Key words: surfaces of walls, doors and floors, acoustic power, sound absorption coefficient, sound fields.

На стадии проектирования помещений необходимо производить прогнозирование шумового режима, возникающего при действии в них различных источников звука. Сведения о нем необходимы при разработке планировочных и конструктивных решений помещений и выборе строительно-акустических мер снижения распространяющейся в них звуковой энергии.

С точки зрения распространения звуковой энергии, квартиры следует рассматривать как системы акустически связанных помещений [3–5]. Акустическая связь между ними обеспечивается через открытые проемы и через звукоизолирующие преграды, имеющие конечную звукоизоляцию [5]. Шум внутри помещений во многом определяется внутри помещений источниками звуковой энергии, которые могут появляться в любом из помещений квартиры и работать одновременно в нескольких из них [6]. При указанных условиях оценка распределения звуковой энергии в акустически связанных объемах помещений должна производиться как в едином, с точки зрения формирования звуковых полей, пространстве.

В настоящее время расчет звуковых полей в акустически связанных помещениях производится расчетными методами, основанными на положениях классических статистической и геометрической теории акустики помещения [5–8]. Методы, основанные на статистическом энергетическом и диффузионном подходах, разработаны для оценки распределения звуковой энергии в несоразмерных длинных и плоских помещениях больших размеров и в помещениях сложной формы при наличии в них, как правило, технологического оборудования и рассеивающих звук предметов [11, 17, 18] при условии формирования в них квазидиффузных звуковых полей [19].

Большинство современных квартир имеют ячейковые системы планировок, которые состоят из соразмерных помещений. В таких помещениях отношение наибольшего размера к наименьшему не превосходит пяти [18], в них формируются диффузные звуковые поля,

поэтому в соразмерных помещениях также возможно производить расчеты шума указанными выше методами. Пример такого расчета численным статистическим методом приведен в статье [3]. Метод в этом случае требует применения специально разработанной компьютерной программы, не всегда доступной проектировщикам.

Для начало исследования мы привели расчет речевой системы в зале заседаний

ТУИТ.

### Расчет речевой звуковой системы

Предварительные данные для расчета:

1. Количество слушателей  $N = 378$  человек
2. Требуемый уровень звукового поля  $N_{Тр} = 80$  Db
3. Допустимая неравномерность поля уровней прямого звука  $\Delta N_{пр} = 6$  ДБ
4. План зала показан на рисунке

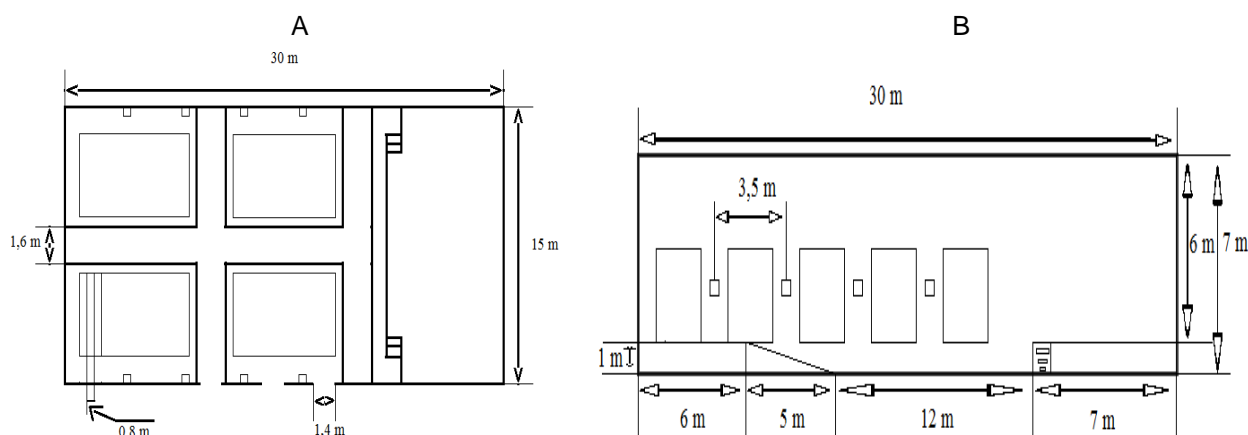


Рис. 2.9. План зала: вид сверху А; Вид со стороны В.

1. Определите форму и размер зала. Прежде всего, принимаются размеры, высота и высота зала.

В результате первоначальных измерений конференц-зал ТУИТ будет:

высота  $h = 7$  м;

ширина  $B = 15$  м;

высота  $L = 30$  м;

с погребом  $a_1 = 6$  м;

определялась ширина катода  $a_2 = 5$  м.

Количество дверей в зале - 3, которые имеют одинаковые размеры. Высота дверей  $h = 2,8$  м;

Ширина  $b = 1,4$  м. Сначала мы находим поверхность двери:

$$S_{дверь} = 2,8 * 1,4 = 3,92 \text{ м}^2$$

Чтобы определить общую площадь, занимаемую дверями:

$$S_{общ.дверь} = 3,92 * 3 = 11,76 \text{ м}^2$$

В каждом зале есть 5 окон одинакового размера, каждое окно

Высота  $h = 3,5$  м;

Ширина  $b = 2$  м. Вот что мы находим в окне:

$$S_{окно} = 3,5 * 2 = 7 \text{ м}^2 * 5 = 35 \text{ м}^2$$

Мы выводим результат из общего числа окон и обнаруживаем общую площадь, занимаемую окнами:

$$S_{общ.окно} = 7 * 5 = 35 \text{ м}^2$$

При определении акустической среды зала его размеры должны быть четко определены. Эти значения включают размер, лицо, количество мест, тип и размер материала с покрытием, поверхность штор и даже ковровые полы и другие факторы. Прежде всего, мы

определим общий размер зала. Для этого мы увеличиваем длину, ширину и длину строки:

$$V_3 = 7 * 15 * 30 = 3150 \text{ м}^3$$

Задняя часть зала слегка поднята. Вы также должны определить его размер. Это значение влияет на общий размер зала.

$$V_1 = h_1 * a_1 * B = 1 * 6 * 15 = 90 \text{ м}^3$$

$$V_2 = h_1 * 0,5 * a_2 * B = 0,5 * 5 * 15 = 38 \text{ м}^3$$

Поднятая задняя часть  $V_1$  считается багажным отделением, расположенным близко к центру пола  $V_2$ . Мы найдем общую площадь земельного участка:

$$V_{учас} = V_1 + V_2 = 90 + 38 = 128 \text{ м}^3$$

В передней части зала находится Эстрада. Он определяет его размер, чтобы определить его размер. Его высота  $h = 1$  м; длина  $l = 7$  м; ширина  $b = 10$  м. Вот что мы можем найти:

$$V_{эст} = 1 * 7 * 10 = 70 \text{ м}^3$$

Для определения абсолютного свободного пространства комнаты требуются указанные выше параметры. Это связано с тем, что распределение объема и колебание зависят от его свободного пространства. Для определения пустого пространства зала используются следующие формулы:

$$V = V_3 - V_{учас} - V_{эст} = 3150 - 128 - 70 = 2952 \text{ м}^3$$

Таким образом, пустой объем акустической среды зала составляет 2952 м<sup>3</sup>.

Теперь необходимо определить внутренние поверхности стен зала. Потому что акустика помещения оказывает большое влияние на стену и ее покрытие. При определении поверхности стен зала сначала обнаруживаются потолок и



поверхность пола. Путем умножения ширины комнаты (30 м) на ширину (15 м):

$$S_{\text{шифт}} = 30 \cdot 15 = 450 \text{ м}^2$$

$$S_{\text{пол}} = 30 \cdot 15 = 450 \text{ м}^2$$

Чтобы определить боковую стенку дверей, мы увеличиваем длину комнаты до высоты (7 м) и удаляем поверхность двери и поднимающуюся часть пола:

$$S_{\text{бок.дверь.стен}} = 30 \cdot 7 = 210 \text{ м}^2 - 11,76 - 15,5 = 182,7 \text{ м}^2$$

Также определяется стеновая поверхность окон, и полученное значение удаляет общую поверхность окон и восходящую часть пола:

$$S_{\text{бок.окно.стен}} = 30 \cdot 7 = 210 \text{ м}^2 - 35 - 15,5 = 159,5 \text{ м}^2$$

Стены за спиной и Эстрадой такие же, как ширина комнаты, а ширина комнаты - путем умножения ее высоты (на 6 м выше высоты пикника и высоты пирамиды)

$$S_{\text{зад.эст.стен}} = 15 \cdot 6 = 90 \text{ м}^2$$

$$S_{\text{зад.стен}} = 15 \cdot 6 = 90 \text{ м}^2$$

Ширина поверхностей всех боковых стенок определяется определенными значениями поверхности:

$$\sum S_{\text{общ.стен}} = 90 + 90 + 182,7 + 159,5 = 522,2 \text{ м}^2$$

Следующая формула определяет общую поверхность комнаты, которая является неоплаченной поверхностью стен зала:

$$S_{\text{общ}} = S_{\text{шифт}} + S_{\text{пол}} + S_{\text{общ.стен}} = 450 + 450 + 522,2 = 1422,2 \text{ м}^2$$

### Звуковой сигнал

На рис. 1.1 показано оптимальное рассеяние во времени при 500 Гц.

$$T_{\text{опт}} = 1,05 \text{ с}$$

Коэффициент эффективности звука:

$$T = \frac{0,161 \cdot 3150}{1143,8 \cdot 1,05} = \frac{507,15}{1200,99} = 0,42$$

$$\text{Если } T = 0,42 \text{ то } \alpha = 0,343$$

В зале мы определяем коэффициент, который использует общее затухание, обеспечивающее оптимальное отражение времени:

$$A = \alpha_{\text{сред}} \cdot S_{\Sigma} = 0,343 \cdot 1143,8 = 392,32 \text{ м}^2$$

Мы рассматриваем звуковые основы потери звука.

Таким образом, количество занятых участников определяется количеством обычных слушателей ( $N = 378$ ) и зоной прослушивания слушателем (0,3 м):

$$S_1 = 0,3 \cdot 378 = 113,4 \text{ м}^2$$

Из Таблицы 2.1 коэффициент ослабления поверхности  $S_1$  при 500 Гц составляет  $\alpha = 0,44$ , а коэффициент ослабления мягкого седла равен 0,12.

$$\alpha_{\text{общ}} = 0,56$$

$$A_1 = 0,56 \cdot 378 = 211,98 \text{ м}^2$$

Ширина проходов сидений составляет 1,6 м, а общая длина трасс составляет 47 м. У нас был интервал между ремнями безопасности 1,75 м, а ширина ковра была не про параллельна, то есть

его значение составляло 1,75 м. Поверхность коридоров:

$$S_2 = 0,007 \cdot 75,2 = 5,46 \text{ м}^2$$

При определении разнообразия и основной поверхности пола поверхность, занимаемая публикой, и поверхность, покрытая ковром, разделяются:

$$S_{\text{пол}} = 450 - 113 - 75,2 = 261,4 \text{ м}^2$$

Коэффициент звукопоглощения напольного покрытия:

$$A_3 = 0,07 \cdot 261,4 = 18,298 \text{ м}^2$$

Оконная поверхность на одной стороне комнаты Сумма = 35 м<sup>2</sup>, коэффициент потерь:

$$A_5 = 0,1 \cdot 11,76 = 1,176 \text{ м}^2$$

Все окна, двери и сцены в зале покрыты. Поверхность всех штор:

$$S_3 = S_{\text{окна}} + S_{\text{дверь}} + S_{\text{сцена}} = 40 + 44 + 240 = 324 \text{ м}^2$$

Коэффициент поглощения звука:

$$A_6 = 0,52 \cdot 324 = 168,48 \text{ м}^2$$

Для определения поверхности основной стенки используется следующая формула:

$$S_{\text{общ}} - S_{\text{эст}} - S_{\text{бок}} - S_{\text{эст}} - S_{\text{окно}} - S_{\text{дверь}} = 522,2 - 15 - 35 - 11,76 = 460,44 \text{ м}^2$$

Стена гладкая и водопада (коэффициент деформации коагуляции  $a = 0,02$ ) и ее коэффициент шума:

$$A_7 = 0,02 \cdot 460,44 = 9,2 \text{ м}^2$$

Потолок зала был образован гипсом (коэффициент гипса  $\sigma = 0,02$ ). Это означает:

$$A_8 = 0,02 \cdot 450 = 9 \text{ м}^2$$

Фонд полного озвучивания:

$$A_1 = \sum_{n=1}^8 A_i = 429,69 \text{ м}^2$$

Как видно из стоимости обыкновенных акций, примерно половина всей поверхности зала была прозвучала в  $A_{\text{тал}} \approx A$ , т.е. 429,69 м<sup>2</sup> 484 м<sup>2</sup>. Это значение может быть изменено для вашей аудитории.

### Требуемая акустическая мощность и точные уровни звука радиоприемников

Корректные звуковые средние и минимальные значения:

$$N_{\text{ср.корт}} = 75,2 \text{ дБ}; N_{\text{мин}} = 72,2 \text{ дБ}$$

$$\text{Диффузный уровень звука: } N_d = 78,2 \text{ дБ}$$

Принимая во внимание акустическое отношение  $R_{\text{мин}} = 1$  и  $R_{\text{макс}} = 4$ , эти значения находятся в пределах, указанных в таблице (Таблица 1.2).

Мощность излучения радиоэлемента для расчета требуемой акустической мощности радиоячейки,

$$P_a' = A \cdot 10^{\frac{N_d - 96}{10}} = 427 \cdot 0,0168 = 7,17 \text{ мВт}$$

Полная акустическая мощность, излучающая радиопушку:

$$P_a = P_a' / (1 - \alpha_{\text{орт}}) = 7,17 / (1 - 0,343) = 10,91 \text{ мВт}$$

Выбор аудиосистемы и типа наушников

При выборе аудитора зала важно учитывать следующее:

1. Функция зала;
2. Линейные размеры зала.



Определите высоту набора громкоговорителей, чтобы дефект звукового поля был минимальным:

$$h=0,5*15\sqrt{1-0,95^2}=2,49\text{m}\approx 2,5\text{m}$$

Создание радиоприемников определяется следующим образом:

$$D=2*2,30\sqrt{(1-0,5)^2(1-0,95^2)}=1,24\text{m}$$

#### Литературы:

1. Zuparov M. Zalda tovush kuchaytirish tizimining akustik hisobi, // Televideniye, radioaloqa, radioeshittirish va telekommunikatsiya kunduzgi va sirtqi ta'lim yo'nalishlarida kurs loyihasi va bitiruv malakaviy ishlar ustida ishlayotgan talabalar uchun uslubiy qo'llanma, 700084 Toshkent: TATU, 2004.
2. M. Zuparov. Elektroakustika va arxitektura akustikasi. T:- "VORIS- NASHIRYOT"2014.
3. М. З. Зупаров., Г. П. Катунин. Электроакустика. Ташкент 2005.
4. Леденев В.И., Воронков А.Ю., Жданов А.Е. Метод оценки шумового режима квартир // жилищное строительство. 2004. № 11. С. 15–17.
5. Антонов А.И., Жоголева О.А., Леденев В.И. и др. Метод расчета шума в квартирах с ячейковыми системами планировки // жилищное строительство. 2013. № 7. С. 33–35.
6. Жоголева О.А., Матвеева И.В., Федорова О.О. Проблемы акустического благоустройства квартир в зданиях эксплуатируемого жилого фонда // биосферная совместимость: человек, регион, технологии. 2016. № 2(14). С. 72–76.
7. Антонов А.И., Жоголева О.А., Леденев В.И. и др. Влияние звукопоглощения помещений и звукоизоляции дверей на шумовой режим в квартирах жилых зданий // жилищное строительство. 2014. № 6. С. 45–48.
8. Kuttruff H. Room Acoustics. 4th edition. London : Spon, 2000.
9. Фурдуев В.В. электроакустика. М. : Гостехтеориздат, 1948. 515с.
10. Скучик Е. Основы акустики. М. : Изд-во иностр. лит., 1959. т. 2. 565 с.
11. Морз Ф. Колебания и звук. л. : Гостехтеориздат, 1949. 496 с.
12. Леденев В.И., Антонов А.И., Жданов А.Е. Статистические энергетические методы расчета отраженных шумовых полей помещений // Вестник тамбовского государственного технического университета. 2003. т. 9. № 4. С. 713–717.
13. Visentin C., Valeau V., Prodi N. et al. A numerical investigation of the sound intensity field in

Это значение не может гарантировать уровень громкости зала. Поэтому желательно выбрать шаг цепи на 4 м для радиоприемников 2 Вт и 2К3-2. В зале заседаний ТУИТ этот показатель равен  $d = 3,5$  м, а их число - 4 пары. При использовании 2W радио кассеты желательно разместить их в 5 пар и 4 м интервалов и на высоте 2,5 м.

rooms by using diffusion theory and particle tracing // Proceedings of the 20th International Congress on Acoustics, ICA 2010. Sydney. Australia. 2010. Pp. 23–27.

14. Billon A., Picaut J., Valeau V. et al. Acoustic Predictions in Industrial Spaces Using a Diffusion Model // Advances in Acoustics and Vibration. Volume 2012. Режим доступа: <https://www.hindawi.com/journals/aav/2012/260394/>.

15. Visentin C., Prodi N., Valeau V. et al. A numerical and experimental validation of the room acoustics diffusion theory inside long rooms // 21st International Congress on Acoustics. Jun 2013. Canada. Режим доступа: <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00845722/document>.

16. Visentin C., Prodi N., Valeau V. et al. A numerical investigation of the Fick's law of diffusion in room acoustics // The Journal of the Acoustical Society of America. 2012. Vol. 132. Issue 5. Pp. 3180–3189.

17. Foy C., Picaut J., Valeau V. Modeling the reverberant sound field by a diffusion process: analytical approach to the scattering // Proceedings of Internoise 2015, San Francisco. August 9–12, 2015.

18. Foy C., Picaut J., Valeau V. Introduction de la diffusivite des parois au sein du modèle de diffusion acoustique // Congrès Français d'Acoustique/Vibrations, SHocks and NOise. 2016. Le Mans, 11–15 avril 2016.

19. Foy C., Valeau V., Picaut J. et al. Spatial variations of the mean free path in long rooms: Integration within the room-acoustic diffusion model // Proceedings of the 22 International Congress on Acoustics 2016. Buenos Aires, 5 to 9 September 2016.

20. Леденев В.И., Макаров А.М. Расчет энергетических параметров шумовых полей в производственных помещениях сложной формы с технологическим оборудованием // Научный вестник Воронежского государственного архитектурно-строительного университета. Строительство и архитектура. 2008. № 2. С. 94–101.