

АКУСТИКА ПОМЕЩЕНИЙ АТРИУМОВ

ACOUSTIC PROPERTIES OF ATRIUMS

И.А. Чернышкова, Н.А. Бузало

I. A. Chernyshkova, N. A. Buzalo

ЮРГТУ (НПИ)

В статье рассматриваются вопросы улучшения акустических качеств больших атриумных пространств на примере «Крытого двора» главного корпуса ЮРГТУ (НПИ). Предлагается несколько улучшить акустику данного атриумного пространства с помощью объемных звукопоглощающих элементов.

The article observes issues on improvement of large atrium space acoustic properties by the example of "Covered Yard" of the South Russian State Technical University main building. The authors suggest to improve acoustics of the atrium space via volumetric sound-absorbing elements.

Современный ЮРГТУ (НПИ) – крупнейший вуз на юге России. Комплекс зданий построенных по проекту архитектора Рогуйского (строителя зданий Варшавского политехнического института) признан памятником архитектуры республиканского значения правительством СССР в декабре 1974 г. Самая замечательная находка Рогуйского – Крытый Двор главного корпуса (рис. 1). Это грандиозный атриум объемом почти 20 тысяч кубических метров, с трехъярусными обходными галереями, дорогим мозаичным полом и стеклянным потолком (рис. 2). С начала своего существования Крытый Двор был средоточием всех мероприятий, проводимых в НПИ (выставки, встречи, позднее дискотеки и т. д.).



Рис. 1. Крытый двор 1



Рис.2 Обходные галереи Крытого двора

К сожалению пространство Крытого Двора отличается чрезмерной гулкостью (высоким значением времени реверберации во всем частотном диапазоне), т.к. все ограждающие поверхности являются звукоотражающими. Для того, чтобы такое помещение можно было использовать для проведения общественно полезных мероприятий (речевые программы, музыкальные и пр.) время реверберации атриума должно соответствовать оптималь-

ным значениям для залов многоцелевого назначения. Исходные данные для расчета:

- высота помещения – 19,8 м;
- длина помещения – 29 м;
- ширина помещения – 29 м.
- воздушный объем зала – 16600 м³;

– рекомендуемый СНиПом удельный объем на одного зрителя 4 – 6 м³, тогда в Крытом дворе может разместиться более 2,5 тысяч человек. Принимаем количество зрителей – 1000 человек.

При расчете по известной формуле Эйринга время реверберации для частоты 500 Гц получилось равным 2,35 сек. В соответствии со СНиП 23-03-2003 для залов многоцелевого назначения объемом около 15000 м³ рекомендуемое время реверберации должно быть 1,8 – 1,9 сек. Результаты расчетов представлены в табл. 1.

Таблица 1.

Наименование	Площадь м ² или число	Звукопоглощение на частотах 500 Гц		Примечания
		α	$\alpha \times S$	
Зрители	1000	0,27	270	
Пол мозаичный	841	0,01	8,41	
Потолок (стекло, витраж)	841	0,15	126,15	
Стены без проемов, окрашенные водоэмульсионной краской	1700	0,02	34,02	
Проемы	596	0,3	178,8	
$A_{расч}$			817	
$A_{треб}$			1113,8	
$A_{ост}$			269,8	
$T_{расч}$ (с)				2,35
$T_{оптим}$ (с)				1,8 – 1,9

Для ликвидации дефицита звукопоглощения в области средних и высоких частот могут быть использованы так называемые объемные элементы. Объемные звукопоглотители применяются как самостоятельно, так и в сочетании с другими строительно-акустическими средствами снижения шума.

В качестве самостоятельных средств шумопоглощения объемные звукопоглотители рекомендуется применять в помещениях с уровнем звука до 80 дБА и в условиях, где невозможно или затруднительно устройство подвесных акустических потолков. В нашем случае, устройство акустического потолка невозможно.

Объемные звукопоглотители обладают рядом преимуществ по сравнению с плоскими, главным из которых является большая эффективность звукопоглощения в широком диапазоне частот, возможность размещения в непосредственной близости от источника звука и др.

В качестве таких элементов предлагается применять отдельно стоящие объекты, выполненные из сборных металлических каркасов, облицованных полностью или частично звукопоглощающими плитами «экофон» и представляющие собой по существу одну из разновидностей штучных (локальных) поглотителей.

Методы расчета поглощения звука объектами различных геометрических форм, размеры которых по трем осям не очень сильно отличаются друг от друга, позволяют оценить звукопоглощающие свойства таких объектов достаточно точно. В случаях, когда одни из размеров объекта значительно превосходят два остальных, оценку можно произвести с некоторой степенью приближения.

Предлагаемые к рассмотрению «скульптурные» объекты в первом приближении можно рассматривать как тела цилиндрической формы. В этом случае общее звукопоглощение одного объекта будет определяться средним импедансом поверхности цилиндра и его геометрическими размерами, главным из которых является радиус цилиндра r . В зависимости от величины r максимум поглощения в частотной характеристике может находиться в области низких и средних частот. При этом условный коэффициент звукопоглощения поверхности цилиндра достигает значений $2\alpha_0$, где α_0 – коэффициент звукопоглощения слоя звукопоглощающего материала облицовки поверхности объекта.

Используя графики и номограммы из международного издания книги [2], проведем оценку одного из «скульптурных» объектов.

Исходные данные:

- радиус поперечного сечения «цилиндра» $r \approx 0.5$ м,
- высота «цилиндра» – 5 м,
- α_0 – коэффициент звукопоглощения плит облицовки – по данным фирмы «Экофон». Расчет сводим в табл. 1.

Таблица 2. Расчет оценки одного из «скульптурных» объектов

$f, \text{Гц}$	kr	α_0	b	α_y	S	A_s
125	1,14	0,4	2,1	0,84	16,5	13,9
250	2,3	0,65	1,7	1,1	16,5	18,2
500	4,6	1	1,5	1,5	16,5	24,8
1000	9,2	1	1,4	1,4	16,5	23,1
2000	18,4	1	1	1	16,5	16,5
4000	36,8	1	1	1	16,5	16,5

Принятые обозначения: $k = 2\pi f/c$ – волновое число, f – частота звука, c – скорость звука в воздухе, b – коэффициент, учитывающий возрастание α_0 из-за явлений дифракции при заданном значении r , α_y – условный коэффициент звукопоглощения поверхности цилиндра, S – площадь поверхности цилиндра, $A = \alpha_y \cdot S$ – эквивалентная площадь звукопоглощения отдельно стоящего скульптурного объекта, м^2 .

Как следует из табл. 2, максимум поглощения одного из объектов отмечается в частотных полосах 500 и 1000 Гц и составляет по величине около 25 м^2 .

Объемные звукопоглотители следует размещать на расстояниях, определяемых их зонами влияния. Зона влияния представляет собой часть пространства вокруг объемного звукопоглотителя, в пределах которой происходит заметное искажение звукового поля за счет звукопоглощающих свойств поглотителя.

Величина зоны влияния зависит от геометрических размеров звукопоглотителя, параметров акустических материалов и частоты падающего звука. Зона влияния определяется расстоянием между геометрическими центрами звукопоглотителей b (радиус зоны влияния) и расстоянием H между центром звукопоглотителя и плоскостью ограждения (потолка, стены).

Оптимальное значение величин b и H определяется по формуле:

$$b \approx H \approx 2 \sqrt{\frac{\alpha_y S_n}{\pi}},$$

где α_y – условный коэффициент звукопоглощения;

S_n – площадь поверхности звукопоглотителя.

В нашем случае:

$$b \approx H \approx 2 \sqrt{\frac{1,5 \times 16,5}{3,14}} = 5,62 \text{ м},$$

т.е. по двум сторонам объема можно разместить десять звукопоглотителей с максимальной площадью поглощения одного объекта около 25 м^2 . Тогда суммарная площадь звукопоглощения составит 250 м^2 , что примерно соответствует необходимой дополнительной площади звукопоглощения.

Литература

1. Пособие по расчету и проектированию многослойных звукопоглощающих систем (конструкций). М.: Стройиздат, 1987.
2. Осипов Г.Л., Юдин Е.Я., Хюбнер Г. и др. *Снижение шума в зданиях и жилых районах* / Под ред. Г.Л. Осипова, Е.Я. Юдина. М.: Стройиздат, 1987.
3. Звукоизоляция и звукопоглощение: Учеб. пособие для студентов вузов / Л.Г. Осипов и др.; Под ред. Г.Л.Осипова, В.Н. Бобылева. – М.: ООО «Издательство АСТ»: ООО «Издательство Астрель», 2004. – 450, [14] с.: ил.

References

1. Handbook on calculation and design of multi-arrayed sound-absorbing systems (constructions). Moscow, Stroyizdat, 1987
2. G. L. Osipov, E. Ya. Yudin, G. Hubner et al. Noise abatement in buildings and residential areas. Edited by G. L. Osipov, E. Ya. Yudin. Moscow, Stroyizdat, 1987
3. Sound insulation and sound absorption: Educational guidance for university students. L. G. Osipov et al. Edited by: G. L. Osipov and V. N. Bobylev. Moscow, 2004

Ключевые слова: атриумное пространство, реверберация, звукопоглощающие материалы, коэффициент звукопоглощения, объемные звукопоглощающие элементы, эквивалентная площадь звукопоглощения.

Key Words: atrium space, reverberation, sound-absorbing materials, sound-absorbing coefficient, volumetric sound-absorbing elements, equivalent sound-absorption area.

Телефон/факс (8635) 25-54-30
e-mail buzalo_n@mail.ru

Рецензент: Мурзенко А.Ю., к.т.н., профессор Новочеркасской гидромилиоративной академии (НГМА)