

ИССЛЕДОВАНИЕ АКУСТИКИ МАЛОГО ЗАЛА БЕЛГОСФИЛАРМОНИИ

Шамсутдинов А. А.

Научный руководитель - Ковальчук О. И.

Белорусский национальный технический университет
Минск, Беларусь

Белгосфилармония является центром музыкальной жизни не только города Минска, но и всей страны. Некоторое время назад состоялась масштабная ее реконструкция. При этом репетиционный зал стал малым концертным залом. Однако, по отзывам посетителей и музыкантов, игравших в этом зале, акустика оставляла желать лучшего.

Целью данной работы стало исследование акустических качеств данного зала и предложения по их улучшению.

Для проведения расчетов и построений возникла необходимость в трехмерной модели исследуемого зала. Она была создана на основе плана зала (найденного в архиве) и разрезов, построенных в результате натуральных обмеров (Рис. 1).

Исследование было проведено с помощью двух теорий: геометрической и статистической.

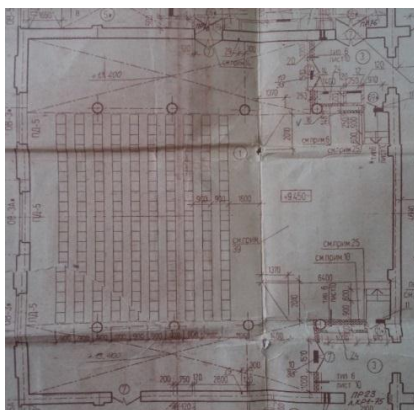
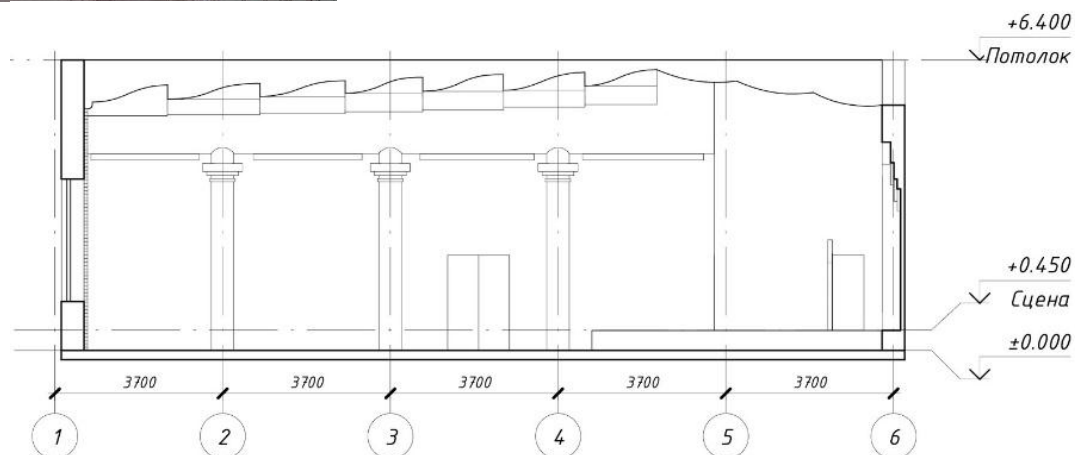
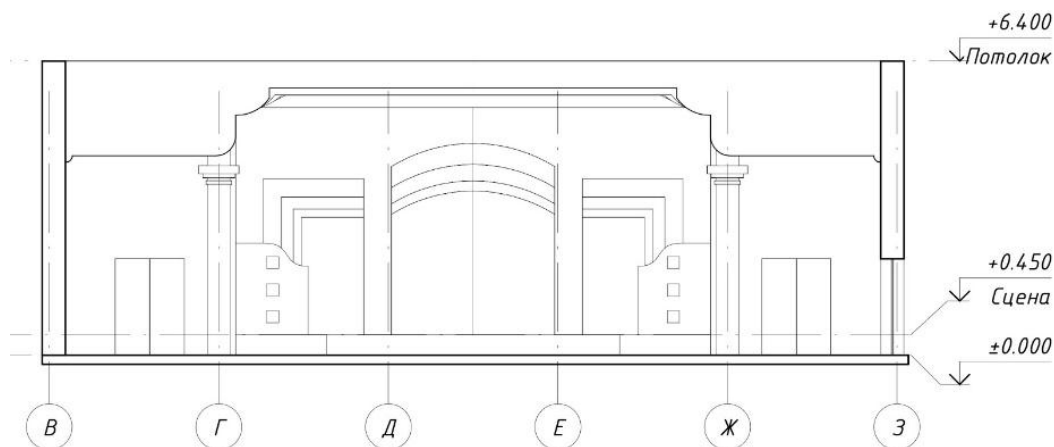


Рисунок 1. План (найденный в архивах), продольный и поперечный разрез исследуемого зала Белгосфилармонии





Вначале зал был исследован на наличие эхо. Для этого в качестве локализации источников звука на сцене были выбраны 4 точки, как крайние места музыкантов оркестра. Также были назначены 28 расчетных точек на зрительских местах в одной половине зала. Для всего множества расчетных точек были построены первичные отражения от всех поверхностей (построение с помощью САПР), которые отражены на рисунке 2.

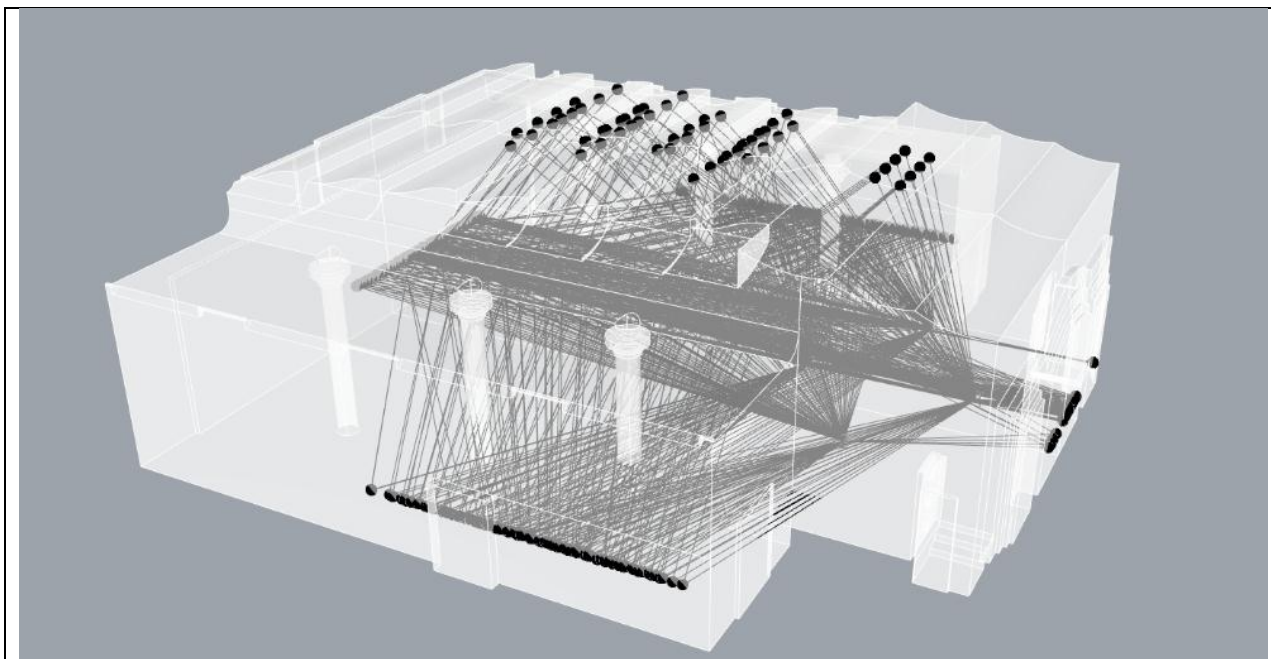


Рисунок 2. Построение первичных отражений от всех поверхностей зала в трехмерной модели исследуемого зала Белгосфилармонии

Расположение расчетных точек отображено на рисунке 3А. Зал симметричен, поэтому результаты расчета можно также считать симметричными.

Расчет времени запаздывания первично отраженного звука (по сравнению с прямым) показал, что некоторые зрители слышат эхо, т.е. несколько повторений одного и того же звука. Участки стен, дающие эхо, промаркированы на плане (Рис. 3Б).

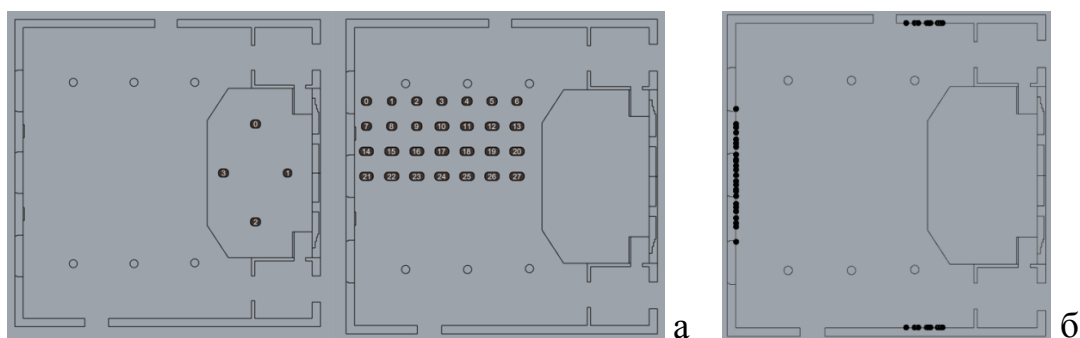


Рисунок 3. А - расстановка расчетных точек и место положения источников звука, Б - определение участков поверхностей, образующих эхо

В целом, форма зала может быть признана достаточно неудачной, т.к. зал является широким. Отчасти по этой причине в зале присутствует эхо. Решением данной проблемы может стать уменьшение ширины зала до несущих колонн, однако это потребует дополнительного расчета и значительной реконструкции. Еще одним способом избавиться от эха в зале является обработка акустическим материалом тех участков стен, которые его создают.

В качестве акустического материала была выбрана акустическая панель из крупного древесного волокна (ширина волокна - 3 мм) под названием Heradesign macro фирмы Knauf. Акустические характеристики материала позволяют поглощать большую часть звуковых волн. Материал должен быть применен на указанных поверхностях от пола до высоты 2 м над уровнем пола. Ниже изображен график коэффициента звукопоглощения для этого материала (Рис 4).

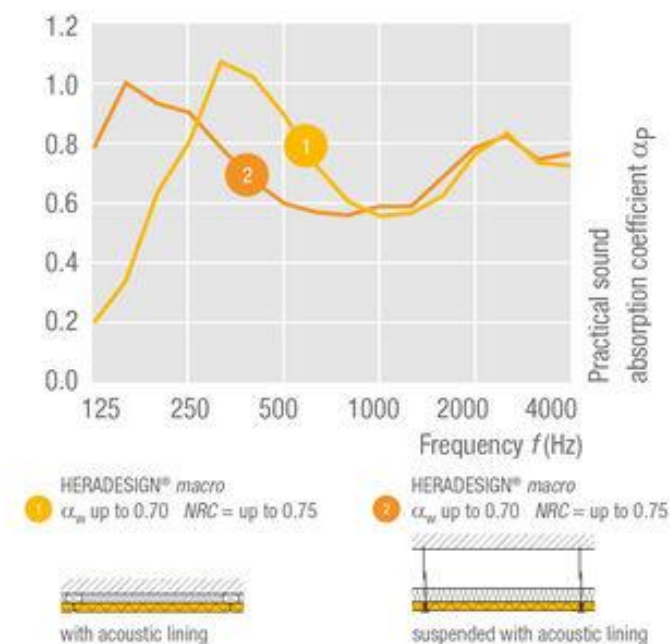
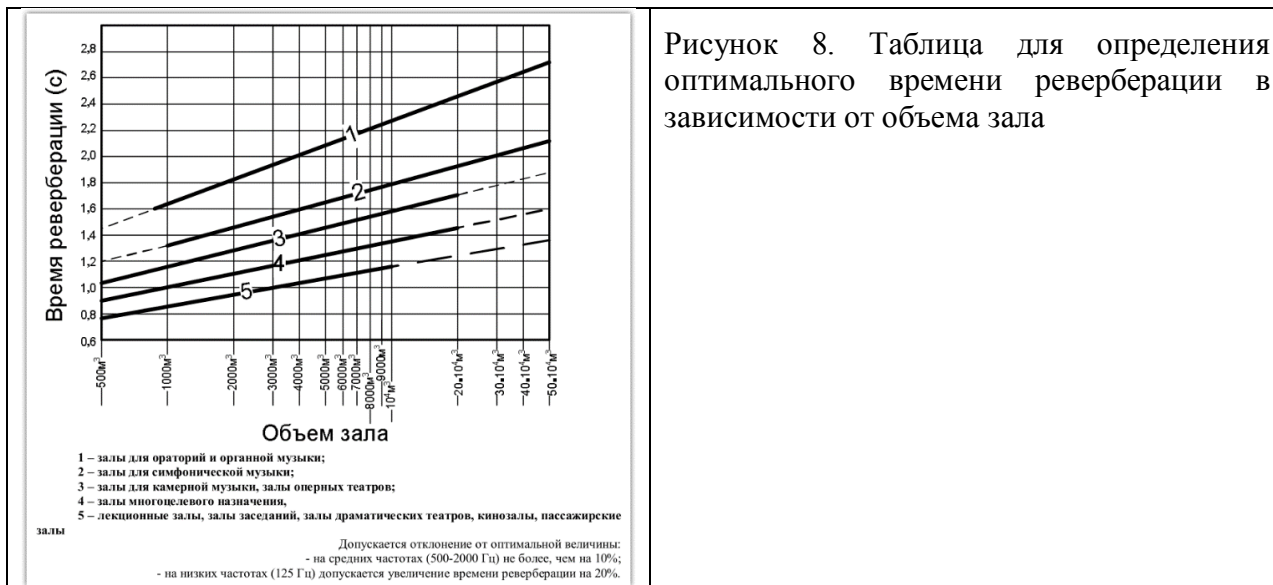


Рисунок 4. Частотные значения коэффициента звукопоглощения материала Heradesign macro (Knauf)

Еще одной важной характеристикой акустики зала является время реверберации. Рекомендуемое (оптимальное) время реверберации в зрительном зале зависит от его объема и назначения.

Объем исследуемого зала составил 1471м^3 . Таким образом, оптимальное время реверберации (согласно диаграммы на рис. 5) должно быть равно 1,39 сек.



Для расчета стандартного (существующего в зале) времени реверберации $T_{ст}$ были определены площади всех поверхностей зала и их коэффициенты звукопоглощения; рассчитаны для каждой частоты общее звукопоглощение зала (A , сзб) и средний коэффициент звукопоглощения зала ($\alpha_{ср}$), результаты расчета вынесены в табл. 1.

	Собщ, м2	125 Гц		250 Гц		500 Гц		1000 Гц		2000 Гц		4000 Гц	
		α	A	α	A	α	A	α	A	α	A	α	A
Итого	1043.489		140.954		148.201		160.562		158.766		168.352		160.703
$\alpha_{ср}$		0.135		0.142		0.154		0.152		0.161		0.154	
$T_{ст}$			1.700		1.617		1.493		1.509		1.424		1.491
Отклонение от оптимальной величины, %			22,16		16,22		7,328		8,534		2,395		6,520

Таблица 1. Расчет акустических параметров зрительного зала.

Разница между оптимальным временем реверберации и стандартным составляет более 22% на низких частотах, при том, что эта разница должна стремиться к нулю. Таким образом, зал является гулким из-за избытка звуковой энергии.

Для того чтобы приблизить стандартное время реверберации к оптимальному, необходимо изменить отделку внутренних поверхностей зала. В частности, следует заменить обычную штукатурку с покраской на гипсовую, которая имеет больший коэффициент звукопоглощения на низких частотах. Кроме того, в расчетах необходимо учесть и акустический материал, применяемый нами для того, чтобы избавиться от эха в зале (см. табл. 2).

	Собщ, м2	125		250		500		1000		2000		4000	
		α	A	α	A	α	A	α	A	α	A	α	A
Итого	1043.489		167.533		170.034		168.156		163.512		169.301		160.703
α ср		0.161		0.163		0.161		0.157		0.162		0.154	
Tст			1.430		1.409		1.425		1.466		1.416		1.491
Отклонение от оптимальной величины, %			2.892		1.389		2.513		5.405		1.825		7.234

Таблица 2. Расчет акустических параметров зрительного зала с учетом замены материалов.

Таким образом, отклонение стандартного времени реверберации от оптимального находится в пределах 10%. Акустику зала следует считать приемлемой.

Литература

1. Архитектурная физика: Учеб, для вузов: Спец. “Архитектура” / В.К. Лицкевич, Л.И. Макриненко, И.В. Мигалина и др.; Под ред. Н.В. Оболенского. — М.: «Архитектура-С», 2007. — 448 с.: ил.
2. Климухин А.А., Киселева Е.Г. Проектирование акустики зрительных залов: учебно-методические указания к курсовой расчетно-графической работе / А.А. Климухин, Е.Г. Киселева. — М.: МАРХИ, 2012. — 56 с.
3. Гусев Н. М. Строительная физика / Н. М. Гусев, П. П. Климов: Москва: Стройиздат, 1964 г. – 227с.
4. Ковригин С.Д. Архитектурно-строительная акустика: учебное пособие для вузов / С. Д. Ковригин. - М: Высшая школа, 1980. – 184с.

УДК 712.4-025.71

БИОЛОГИЧЕСКИЙ БЕТОН – МАТЕРИАЛ БУДУЩЕГО

Шестовец К.Г.

Научный руководитель – Молокович Г.Е.

Белорусский национальный технический университет,
Минск, Беларусь

Современная архитектура – это архитектура новых технологий строительных материалов, меняющая традиционные представления о физической сущности свойств материалов и их палитре, архитектура концептуальных решений, отражающая формирование нового образа жизни и мышления общества.

В строительной отрасли ушедший век считается веком бурного развития технологий производства бетона и изучения его свойств. Универсальность этого материала – ключевой фактор применения его в строительстве. Это конструктивные, пластические и декоративные свойства бетона, основанные как на закономерности физико-химического процесса,