

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«НИЖЕГОРОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Управление науки
НАУЧНЫЙ ЦЕНТР «НОВОЕ СТРОИТЕЛЬСТВО»

УТВЕРЖДАЮ:

Проректор по научной работе



Д.В. Монич

«03» сентября 2024 г.

О Т Ч Е Т №2017/01/24
по работе

**«Научные исследования звукоизоляционных
и звукопоглощающих свойств акустических материалов,
изделий и конструкций»
Этап №2**

Договор №2017/01
от 03 марта 2017 г.

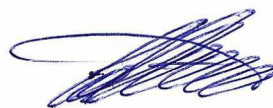
Начальник УН

А.А. Смыков

Н. Новгород, 2024 г.

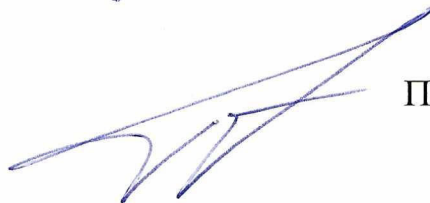
СПИСОК ИСПОЛНИТЕЛЕЙ

Заведующий кафедрой архитектуры, д.т.н.



Д.В. Монич

Начальник НЦ «Новое строительство»,
доцент кафедры архитектуры, к.т.н.



П.А. Гребнев

СОДЕРЖАНИЕ

	Стр.
1. Состояние вопроса	4
2. Методика проведения исследований	5
3. Определение индекса звукопоглощения	10
4. Выводы по работе	16
Список использованных источников	17
Приложения	
Приложение 1 Фотофиксация исследуемых образцов	18
Приложение 2. Геометрические характеристики профилированного листа	20

1. Состояние вопроса

В соответствии с договором № 2017/01 от 03.03.2017 г. (этап № 2) между ООО «Акустик Групп» (Заказчик) и ННГАСУ (Исполнитель) выполнены лабораторные экспериментальные исследования звукопоглощающих свойств 4 (четырех) звукопоглощающих конструкций. Измерения проведены в исследовательской экспериментальной установке «Реверберационные акустические камеры» ННГАСУ (Большие акустические камеры). Аттестат №10/340П/1130 от 08.09.2023 г., выдан ФГУП «Всероссийский научно-исследовательский институт физико-технических и радиотехнических измерений» (ФГУП ВНИИФТРИ).

Описание исследуемых типов конструкций приведено в таблице 1.

В результате проведенных экспериментальных исследований были получены частотные характеристики звукопоглощения 4 (четырех) звукопоглощающих конструкций, на основании которых для них были определены индексы звукопоглощения и класс звукопоглощения.

Таблица 1

Спецификация исследуемых конструкций

Порядковый номер	Краткое описание исследуемой конструкции
1	Фрагмент конструкции, напыляемое огнезащитное покрытие с акустическими свойствами Ультракустик-Спрей (Ультраспрей) толщиной 20 мм, напыленное на плоскую твердую поверхность – листы ГВЛ, толщиной 12,5 мм ТУ 23.20.12-041-28789041-2022. Образец укладывался на пол акустической камеры. Площадь образца 14 м ² : длина 3,6 м, ширина 3,9 м.
2	Фрагмент конструкции, напыляемое огнезащитное покрытие с акустическими свойствами Ультракустик-Спрей (Ультраспрей) толщиной 30 мм, напыленное на плоскую твердую поверхность – листы ГВЛ, толщиной 12,5 мм ТУ 23.20.12-041-28789041-2022. Образец укладывался на пол акустической камеры. Площадь образца 14 м ² : длина 3,6 м, ширина 3,9 м.

Таблица 1 окончание

3	Фрагмент конструкции, напыляемое огнезащитное покрытие с акустическими свойствами Ультракустик-Спрей (Ультраспрей) толщиной 20 мм, напыленное на рельефную твердую поверхность - профилированный лист Н75-750 (ГОСТ 24045-2010) ТУ 23.20.12-041-28789041-2022. Образец укладывался на пол акустической камеры. Площадь образца 14 м ² : длина 3,6 м, ширина 3,9 м.
4	Фрагмент конструкции, напыляемое огнезащитное покрытие с акустическими свойствами Ультракустик-Спрей (Ультраспрей) толщиной 30 мм, напыленное на рельефную твердую поверхность - профилированный лист Н75-750 (ГОСТ 24045-2010) ТУ 23.20.12-041-28789041-2022. Образец укладывался на пол акустической камеры. Площадь образца 14 м ² : длина 3,6 м, ширина 3,9 м.
<i>Примечания:</i> <i>1. Фотофиксация исследованных образцов приведена в приложении 1.</i> <i>2. В качестве плоской твердой поверхности в образцах конструкций №1 и №2 использованы листы ГВЛ, толщиной 12,5 мм, размерами 1,2 на 0,6 м.</i> <i>3. Геометрические характеристики профилированного листа, использованного в образцах конструкций №3 и №4 приведены на схеме в приложении 2.</i> <i>4. По контуру образцов №3 и №4 устанавливался отражающий бортик из трех слоев ГКЛ, толщиной по 12,5 мм каждый. Отражающий бортик высотой 120 мм полностью закрывал воздушные полости под образцом. Швы между отдельными элементами образца и конструкцией отражающего бортика заделывались гипсовой шпатлевкой.</i>	

2. Методика проведения исследований

Определение реверберационного коэффициента звукопоглощения образцов проведено в соответствии с методикой ГОСТ 31704-2011 «Материалы звукопоглощающие. Методы измерения звукопоглощения в реверберационной камере» [1]. Исследования проведены в исследовательской экспериментальной установке «Реверберационные акустические камеры» ННГАСУ (Большие акустические камеры): в реверберационной камере объемом 250 м³, пригодной для воспроизведения нормированных условий испытаний с целью определения коэффициентов звукопоглощения материалов и изделий в соответствии с ГОСТ 31704-

2011 (аттестат №10/340П/1130 от 08.09.2023 г., выдан ФГУП «Всероссийский научно-исследовательский институт физико-технических и радиотехнических измерений» (ФГУП ВНИИФТРИ)).

План и разрез измерительной реверберационной камеры, и схема расположения в ней громкоговорителей и рассеивателей приведена на рисунках 1 и 2.

Для измерений использовалась прецизионная акустическая измерительная аппаратура. Для измерения времени реверберации применялся шумомер-анализатор спектра: двухканальный прецизионный интегрирующий «LarsonDavis» типа 2900В, заводской №1089 с капсулями микрофона типа 2559, заводской №2879 и №2832, предусилителем типа КММ 400, заводской №01154 и №01179 (свидетельство о поверке С-БН/24-10-2023/289053954 от 24.10.2023 г., действительно до 23.10.2024 г., выданное ФБУ «Государственный региональный центр стандартизации, метрологии и испытаний в Нижегородской области»).

Перед проведением измерений и по их окончании выполнялась относительная калибровка приемного тракта с помощью калибратора акустического «LarsonDavis» типа CAL 200 (регистрационный № 39217-08), заводской № 2975 (свидетельство о поверке С-БН/24-10-2023/289053952 от 24.10.2023 г., действительное до 23.10.2024 г., выданное ФБУ «Государственный региональный центр стандартизации, метрологии и испытаний в Нижегородской области»).

Для генерации сигнала использовался встроенный генератор белого шума шумомера-анализатора спектра «Larson Davis» 2900В, сигнал подавался на усилитель мощности и далее – на систему электроакустических излучателей.

Измерения проводились в третьоктавных полосах частот, в диапазоне частот от 100 Гц до 5000 Гц.

Так как объем реверберационной камеры превышает 200 м^3 , то в соответствии с требованиями п 6.2.1.1 [1] площадь образца умножалась на коэффициент, определенный по формуле:

$$\left(\frac{V}{200 \text{ м}^3} \right)^{\frac{2}{3}}, \quad (1)$$

где V – объем реверберационной камеры, м^3 .

Таким образом, площадь образца: $1,16 \cdot 12 \text{ м}^2$, принята $14,0 \text{ м}^2$.

В соответствии с требованиями п. 6.2.1.2 [1] образцы имели прямоугольную форму ($3,6 \text{ м} \times 3,9 \text{ м}$) с отношением ширины к длине 0,9. Образец устанавливался так, чтобы ни одна из его частей не находилась ближе 1 м от любой поверхности камеры. Грани образца не были параллельны ближайшей стене камеры. Обобщенная схема расположения образцов в реверберационной камере приведена на рисунке 3.

Температура и влажность во время измерений контролировались с помощью метеометра МЭС-200А (регистрационный № 27468-04) заводской номер 3346, измерительный щуп Щ1 №3346 (свидетельство о поверке С-БН/04-09-2023/275038645 от 04.09.2023 г., действительное до 03.09.2024 г., выданное ФБУ «Государственный региональный центр стандартизации, метрологии и испытаний в Нижегородской области»). В момент проведения измерений температура и влажность в реверберационной камере соответствовали требованиям ГОСТ [1].

Для каждой конструкции выполнялось измерение времени реверберации с установленным в камере образцом и без образца.

До начала проведения измерений каждый образец находился в реверберационной камере в течение достаточного времени для достижения состояния равновесия с температурой и относительной влажностью воздуха в камере.

Измерения кривых спада звукового давления проведены методом прерываемого шума по методике ГОСТ [1].

Измерения для каждого образца проведены в 6 точках расположения микрофонов, находящихся на расстоянии не менее 1,5 м друг от друга, 2 м от любого источника шума и 1 м от любой поверхности камеры и образца, при двух положениях громкоговорителей (12 пространственно независимых измеренных кривых спада).

В качестве источника звука применялись громкоговорители, на которые подавался широкополосный шум.

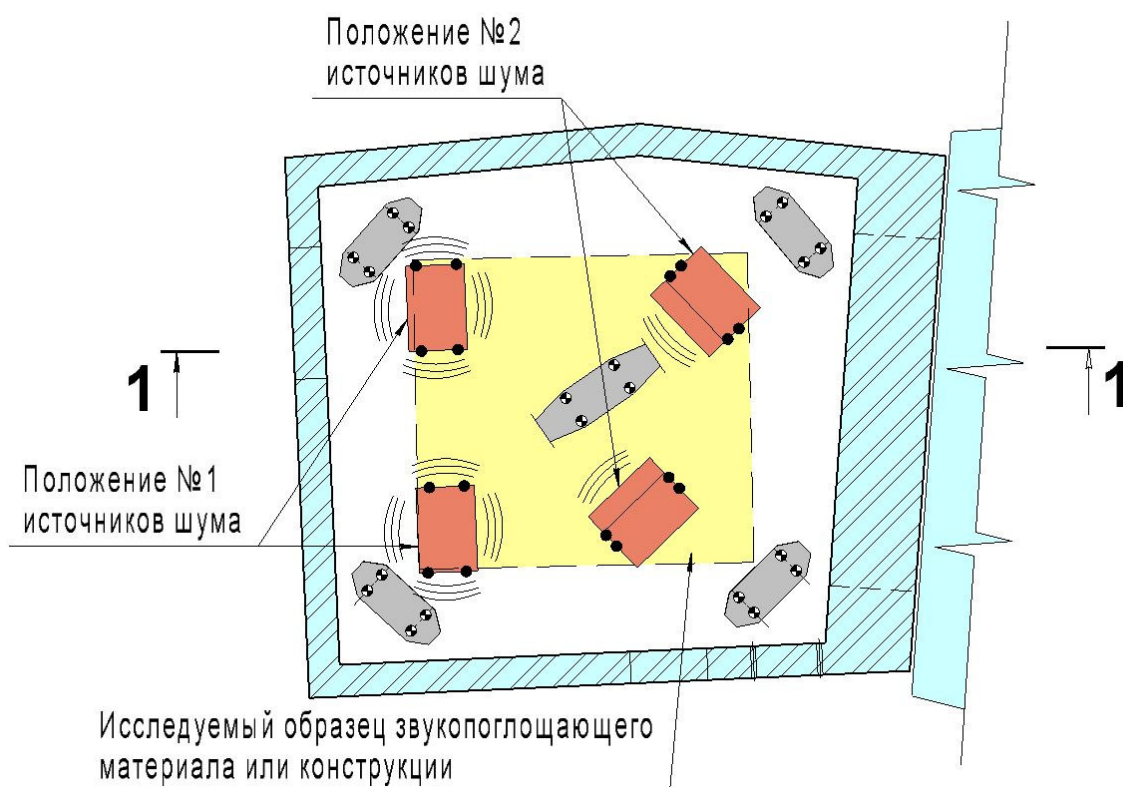


Рисунок 1 – Схема подвески звукорассеивающих элементов и звукоизлучающего оборудования в реверберационной камере (план)

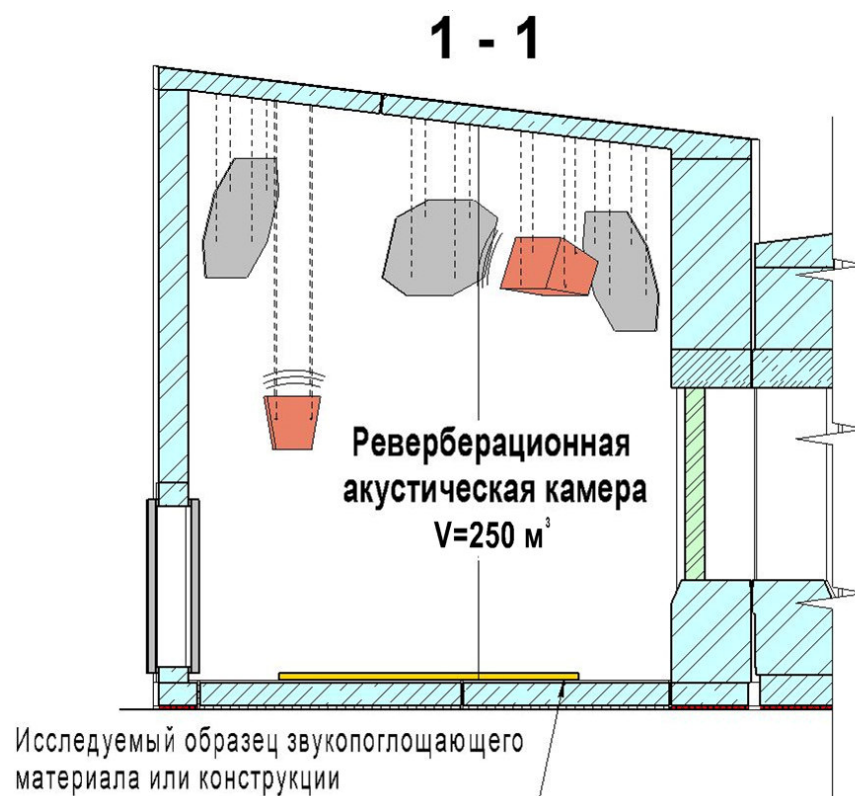


Рисунок 2 – Схема подвески звукорассеивающих элементов и звукоизлучающего оборудования в реверберационной камере (разрез)

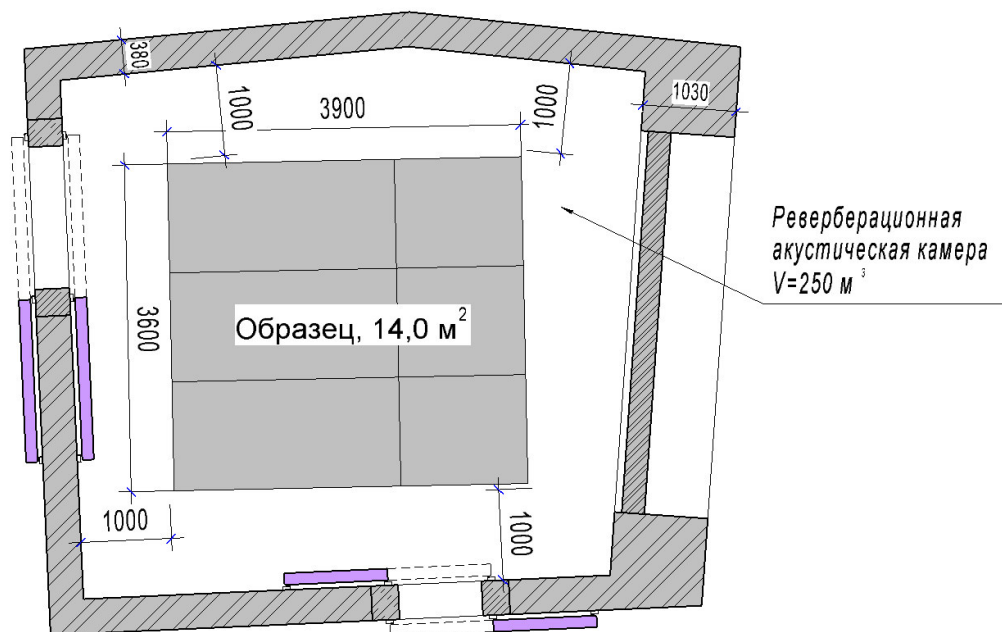


Рисунок 3 – Схема расположения исследуемого образца в реверберационной камере (план)

Для создания стационарного режима время возбуждения при измерениях составляло не менее 1 минуты.

Уровень измерительного сигнала перед началом спада звукового давления превышал уровень фона не менее чем на 10 дБ на каждой среднегеометрической частоте рассматриваемого диапазона.

Образцы устанавливались в реверберационной камере в соответствии со схемой типа «А» (приложение В.2 [2]).

По контуру образцов №3 и №4 устанавливался отражающий бортик из трех слоев ГКЛ, толщиной по 12,5 мм каждый. Отражающий бортик высотой 120 мм полностью закрывал воздушные полости под образцом. по Швы между отдельными элементами образца и конструкцией отражающего бортика заделывались гипсовой шпатлевкой.

Фотофиксация исследованных образцов приведена в приложении 1.

Результаты нескольких измерений, проведенных для одного образца, усреднялись для снижения неопределенности измерений, вызываемой статистическими отклонениями.

Даты проведения измерений:

- конструкция №1 - 27 апреля 2024 г.;

- конструкция №2 - 28 апреля 2024 г.;
- конструкция №3 - 7 мая 2024 г.;
- конструкция №4 - 13 мая 2024 г.

3. Определение индекса звукопоглощения

По результатам проведенного измерения для исследуемых образцов получены значения звукопоглощения в третьоктавных полосах частот в исследуемом частотном диапазоне от 100 Гц до 5000 Гц (см. таблицу 2), и построены частотные характеристики звукопоглощения, приведенные на рисунках 4 - 7.

На основании полученного коэффициента звукопоглощения в третьоктавных полосах частот вычислены значения фактического коэффициента звукопоглощения в октавных полосах частот, как среднее арифметическое трех коэффициентов звукопоглощения, входящих в состав октавы, в соответствии с методикой ГОСТ [2]. Рассчитанные значения фактического коэффициента звукопоглощения исследованных образцов приведены в таблице 3 и на рисунках 8 - 11.

В соответствии с частотными характеристиками фактического коэффициента звукопоглощения для исследуемых конструкций (описание – см. табл. 1) определены индексы звукопоглощения и класс звукопоглощения по методике ГОСТ [2]:

- для конструкции №1: $\alpha_w = 0,50$ (МН); класс звукопоглощения: D;
- для конструкции №2: $\alpha_w = 0,70$ (МН); класс звукопоглощения: C;
- для конструкции №3: $\alpha_w = 0,80$; класс звукопоглощения: B;
- для конструкции №4: $\alpha_w = 0,90$; класс звукопоглощения: A.

Таблица 2

**Значения коэффициентов звукопоглощения
для исследуемых конструкций в третьоктавных полосах частот**

Третьоктавные полосы со среднегеометриче- скими частотами, f , Гц	Коэффициент звукопоглощения, α_s			
	Конструкция №1	Конструкция №2	Конструкция №3	Конструкция №4
100	0,11	0,17	0,35	0,38
125	0,07	0,13	0,51	0,56
160	0,07	0,26	0,58	0,61
200	0,09	0,25	0,44	0,58
250	0,19	0,43	0,50	0,65
315	0,27	0,57	0,62	0,74
400	0,45	0,79	0,74	0,92
500	0,54	0,88	0,90	0,88
630	0,67	0,87	1,00	0,95
800	0,72	1,00	1,00	0,93
1000	0,83	1,00	0,95	0,96
1250	0,90	1,00	0,91	0,91
1600	1,00	1,00	0,98	1,00
2000	1,00	1,00	0,95	0,98
2500	1,00	1,00	0,96	0,98
3150	1,00	1,00	0,93	0,94
4000	1,00	1,00	0,99	0,90
5000	1,00	0,90	1,00	0,98

Таблица 3

**Значения фактических коэффициентов звукопоглощения
для исследуемых конструкций в октавных полосах частот**

Октавные полосы со средне-геометрическими частотами, f , Гц	Фактический коэффициент звукопоглощения, α_p			
	Конструкция №1	Конструкция №2	Конструкция №3	Конструкция №4
125	0,10	0,20	0,50	0,50
250	0,20	0,40	0,50	0,65
500	0,55	0,85	0,90	0,90
1000	0,80	1,00	0,95	0,95
2000	1,00	1,00	0,95	1,00
4000	1,00	0,95	0,95	0,95

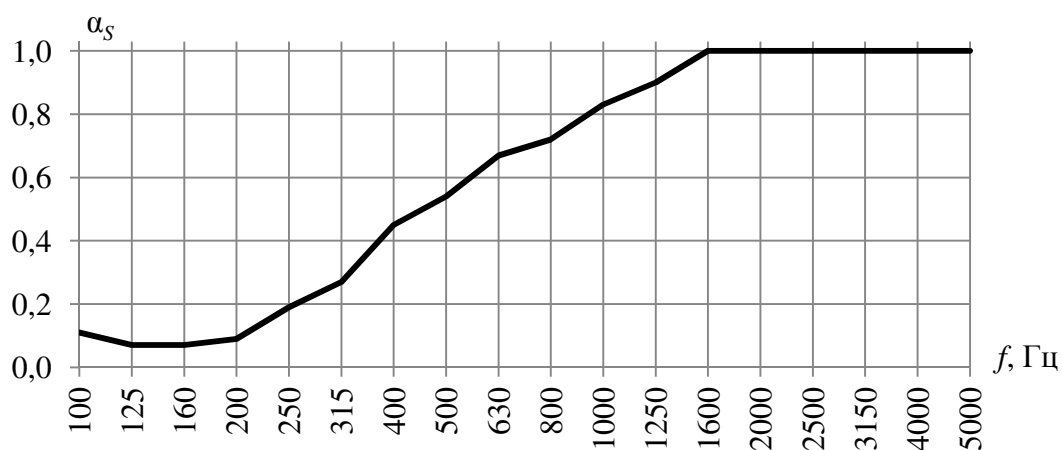


Рисунок 4 – Частотная характеристика коэффициента звукопоглощения конструкции №1

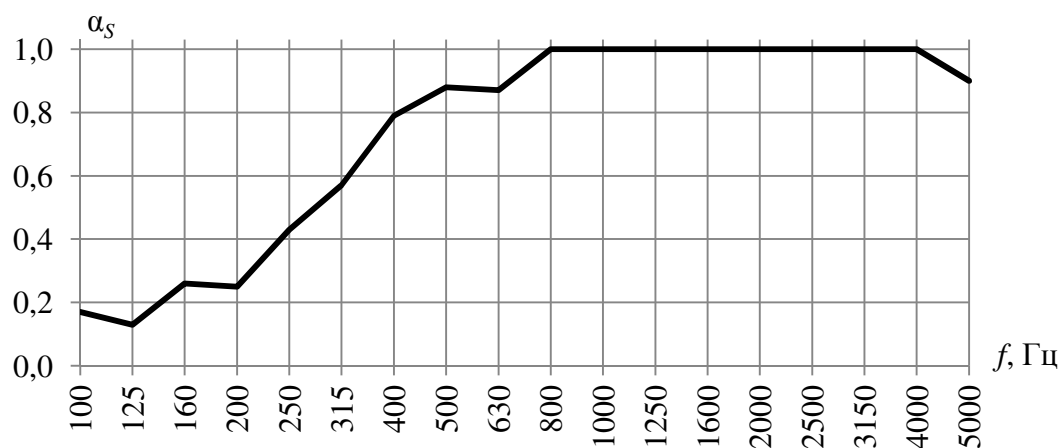


Рисунок 5 – Частотная характеристика коэффициента звукопоглощения конструкции №2



Рисунок 6 – Частотная характеристика коэффициента звукопоглощения конструкции №3

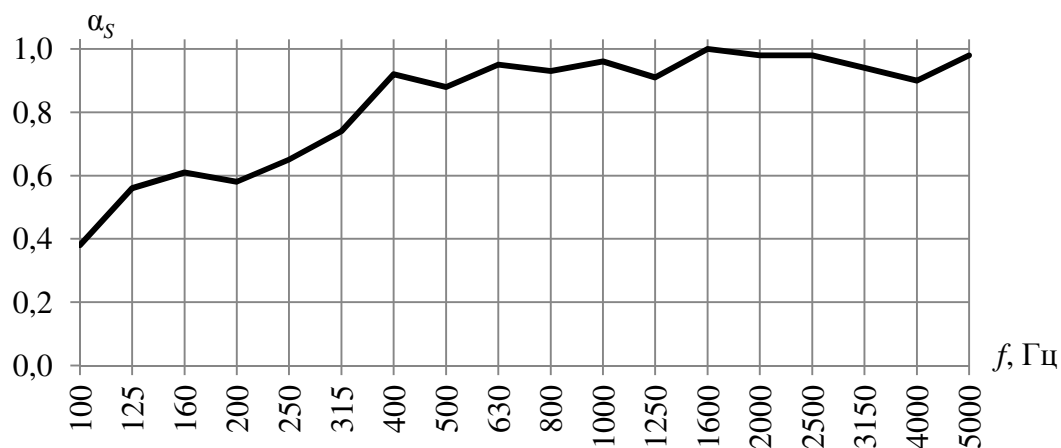


Рисунок 7 – Частотная характеристика коэффициента звукопоглощения конструкции №4

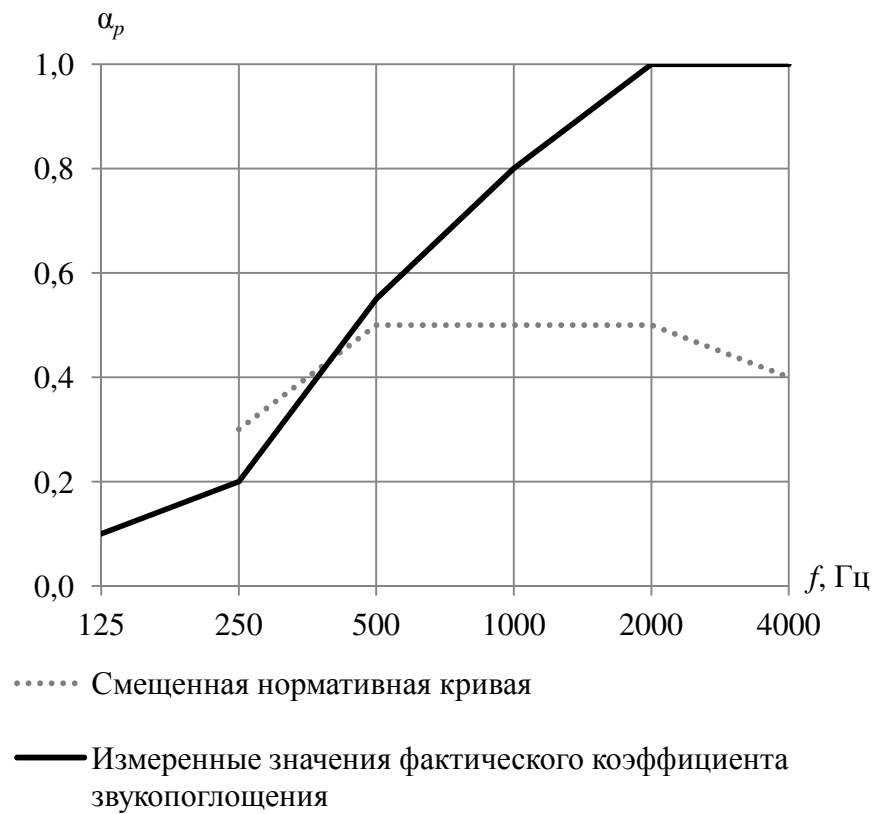


Рисунок 8 – Частотная характеристика фактического коэффициента звукопоглощения конструкции №1

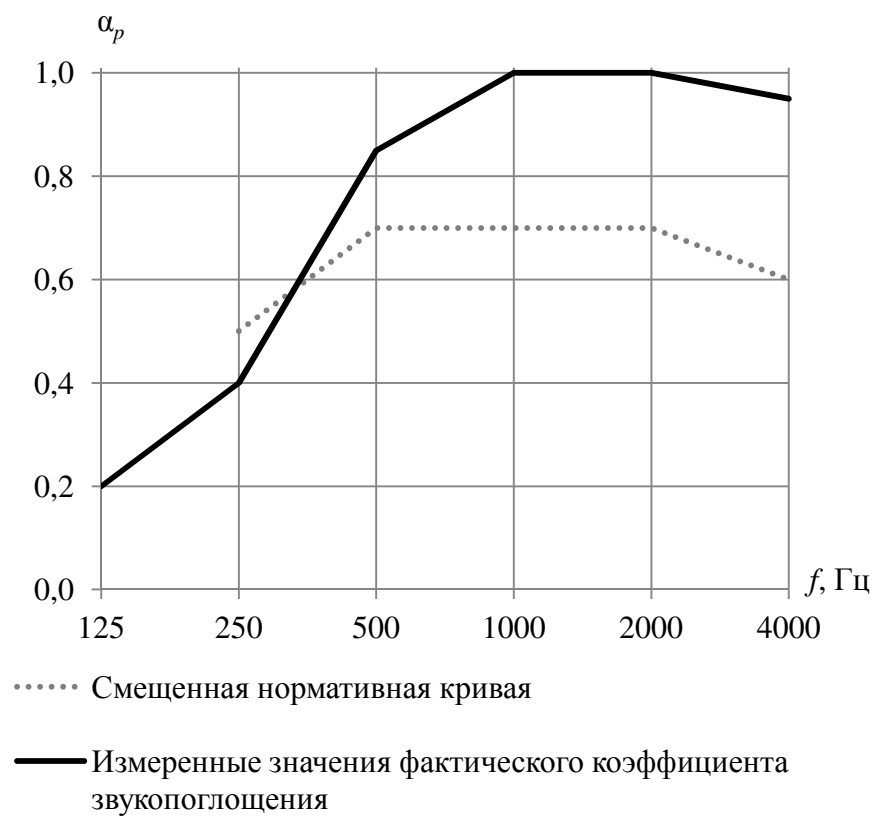


Рисунок 9 – Частотная характеристика фактического коэффициента звукопоглощения конструкции №2

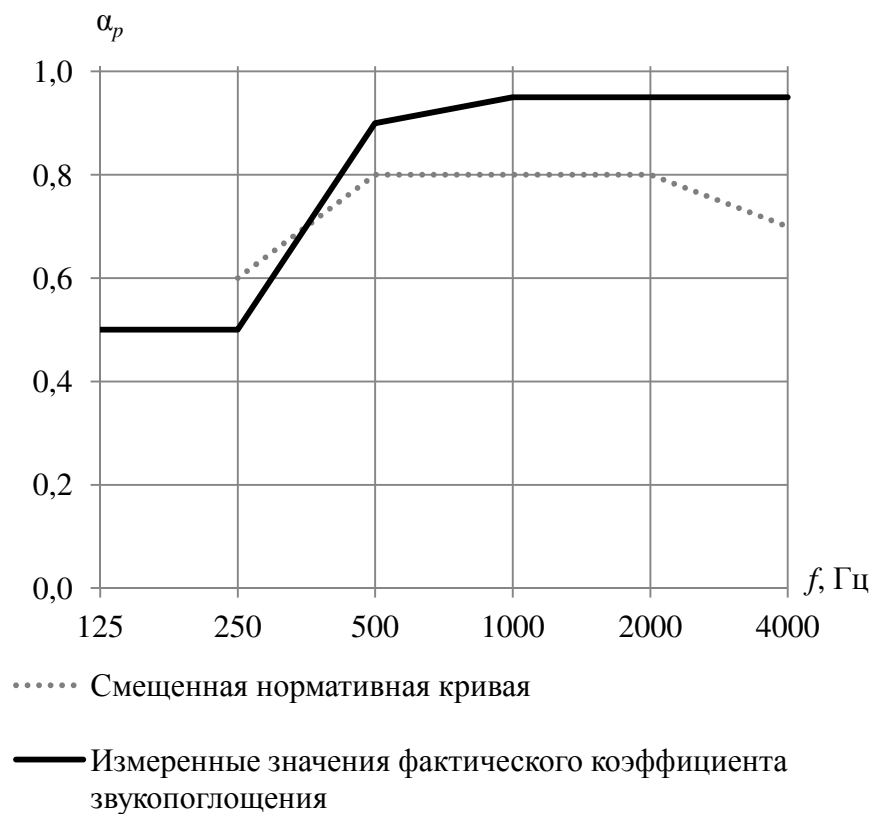


Рисунок 10 – Частотная характеристика фактического коэффициента звукопоглощения конструкции №3

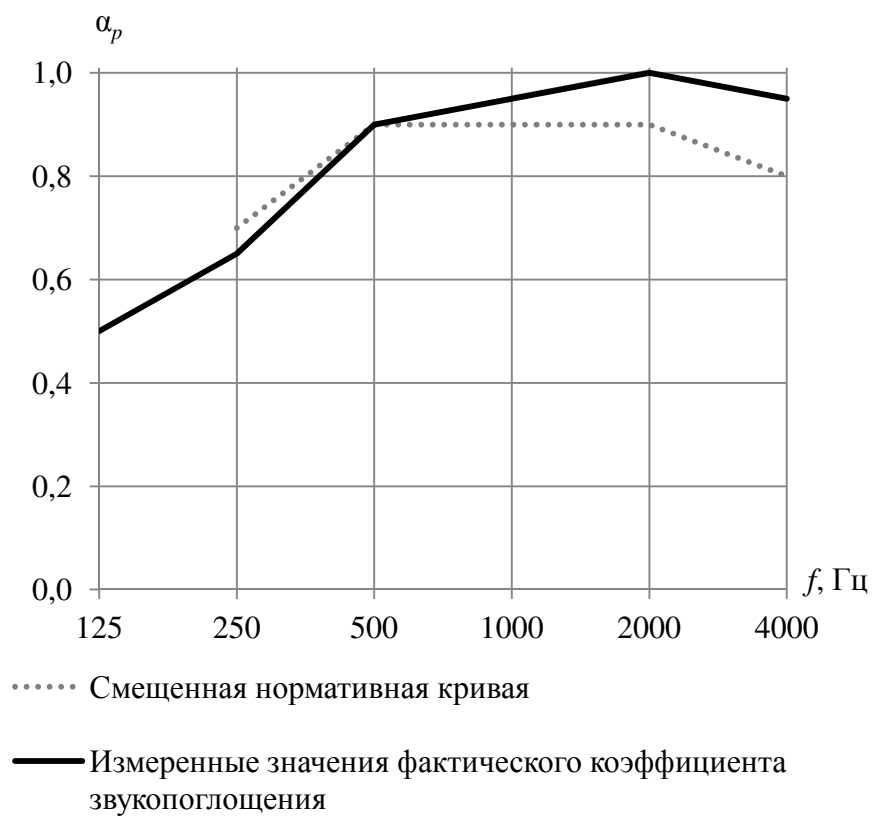


Рисунок 11 – Частотная характеристика фактического коэффициента звукопоглощения конструкции №4

4. Выводы по работе

1. В результате проведенных экспериментальных исследований по ГОСТ [1] получены частотные характеристики коэффициентов звукопоглощения для 4 (четырех) звукопоглощающих конструкций в третьоктавных полосах частот в диапазоне от 100 Гц до 5000 Гц (рисунки 4 - 7).

2. На основании измеренных частотных характеристик коэффициента звукопоглощения в третьоктавных полосах частот по методике ГОСТ [2] вычислены значения фактического коэффициента звукопоглощения в октавных полосах частот в диапазоне от 125 Гц до 4000 Гц (рисунки 8 - 11).

3. В соответствии с частотными характеристиками фактического коэффициента звукопоглощения по методике ГОСТ [2] определен индекс звукопоглощения и класс звукопоглощения 4 (четырех) типов конструкций:

- для конструкции №1: $\alpha_w = 0,50$ (МН); класс звукопоглощения: D;
- для конструкции №2: $\alpha_w = 0,70$ (МН); класс звукопоглощения: C;
- для конструкции №3: $\alpha_w = 0,80$; класс звукопоглощения: B;
- для конструкции №4: $\alpha_w = 0,90$; класс звукопоглощения: A.

Краткое описание исследованных конструкций приведено в таблице 1.

Список использованных источников

1. ГОСТ 31704-2011 Материалы звукопоглощающие. Методы измерения звукопоглощения в реверберационной камере. – М.: Стандартинформ.
2. ГОСТ 31705-2011 Материалы звукопоглощающие, применяемые в зданиях. Оценка звукопоглощения. – М.: Стандартинформ.

Приложение 1. Фотофиксация исследуемых образцов



Рисунок 1.1 – Образец конструкции №1, смонтированный на полу реверберационной камеры.



Рисунок 1.2 – Образец конструкции №2, смонтированный на полу реверберационной камеры

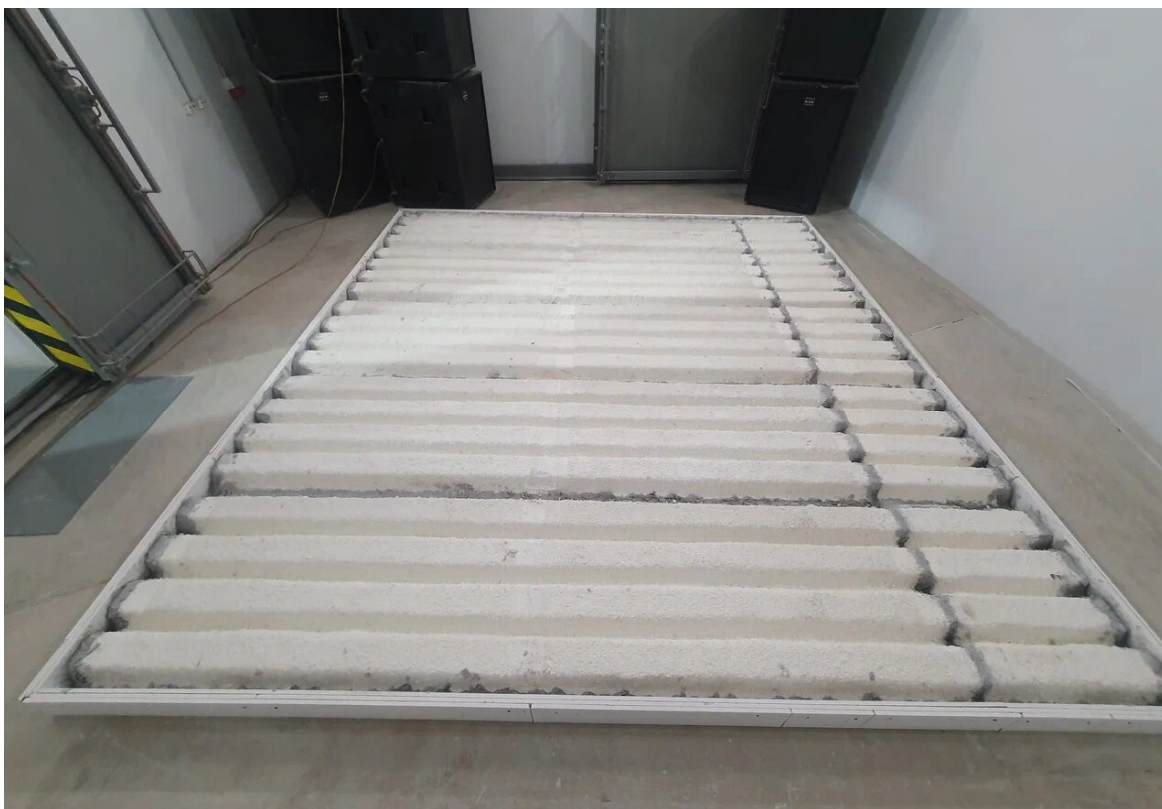


Рисунок 1.3 – Образец конструкции №3, смонтированный на полу реверберационной камеры.

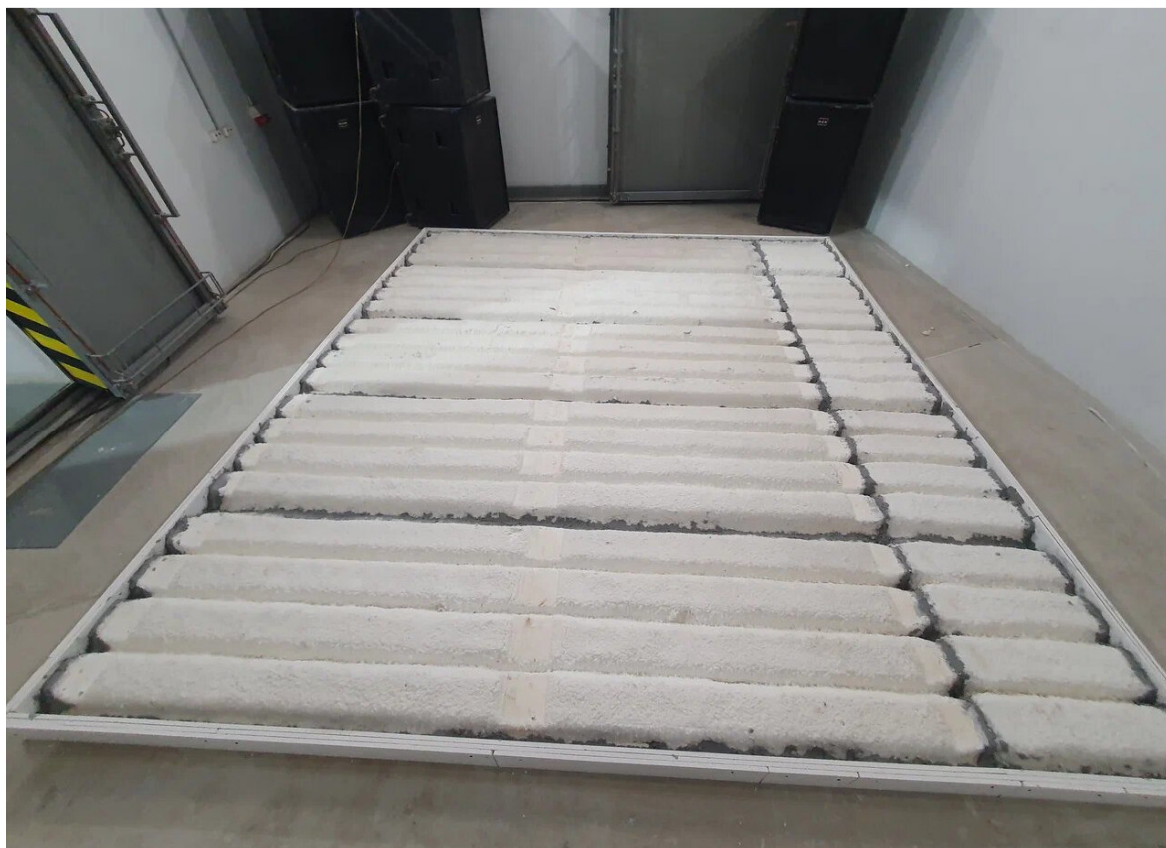
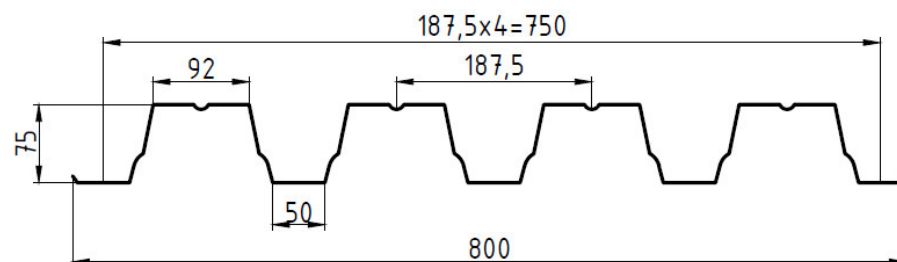


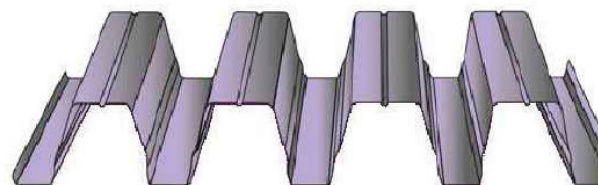
Рисунок 1.4 – Образец конструкции №4, смонтированный на полу реверберационной камеры.

Приложение 2. Геометрические характеристики профилированного листа

Расчет коэффициента развертки для профнастила Н75-750 (ГОСТ 24045-2010)



Н75-750 (ГОСТ 24045-2010)



Расчет коэффициента развертки K_p :

$K_p = B_{\text{заг}} / B_{\text{раб}}$, где:

$B_{\text{заг}}$ - ширина заготовки с учетом нахлеста;

$B_{\text{раб}}$ - рабочая ширина листа.

Для профнастила Н75-750 (ГОСТ 24045-2010):

$B_{\text{заг}} = 1203$ мм;

$B_{\text{раб}} = 750$ мм;

$K_p = 1203 / 750 = 1,604$.

№ подл.

Подпись и дата

Взам. инв. №

Кол.уч.	Лист	№ док.	Подпись	Дата			
Разработал	Габрилов А.						
Проверил							
Утвердил							
					Стадия	Лист	Листов
						3	7
					Параметры профнастила Н75-750 		

Рисунок 2.1 – Геометрические характеристики профилированного листа, использованного в образцах конструкций №3 и №4