

1003.

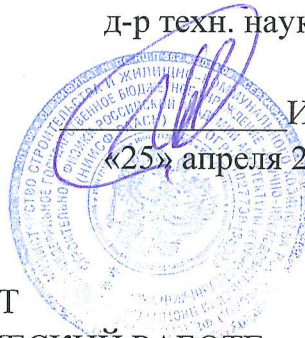
федеральное государственное бюджетное учреждение
«Научно-исследовательский институт строительной физики
Российской академии архитектуры и строительных наук»
(НИИСФ РААСН)



«УТВЕРЖДАЮ»
Директор НИИСФ РААСН
д-р техн. наук, проф.

И.Л. Шубин

«25» апреля 2023 г.



ОТЧЁТ
О НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ РАБОТЕ


по теме: «Акустические испытания звукоизолирующих покрытий
(чехлов) на трубы систем дымоудаления и воздуховоды систем
вентиляции диаметром 200, 400 мм для определения их
эффективности»

Вид отчета – заключительный

Шифр по плану НИР – 32020(2023)

Заказчик: ООО «ТехноНИКОЛЬ-Строительные Системы»

Зав. лабораторией защиты от шума
вентиляционного и инженерно-технологического
оборудования, доктор технических наук


В.П. Гусев

Ответственный исполнитель,
старший научный сотрудник


М.Ю. Лешко

Москва
2023

СОДЕРЖАНИЕ

1. ОБЪЕКТЫ И ЦЕЛЬ ИСПЫТАНИЙ.....	3
2. МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ИСПЫТАНИЙ.....	3
2.1 Контрольные измерения и условия испытаний.....	6
3. РЕЗУЛЬТАТЫ ИСПЫТАНИЙ.....	8
3.1 Результаты испытаний покрытий, установленных на трубе диаметром 400 мм.....	8
3.2 Результаты испытаний покрытий, установленных на трубе диаметром 200 мм.....	9
3.3 Основные выводы.....	10
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	13
ПРИЛОЖЕНИЕ: Фрагменты испытательной установки	14

1. ОБЪЕКТЫ И ЦЕЛЬ ИСПЫТАНИЙ

Объекты испытаний:

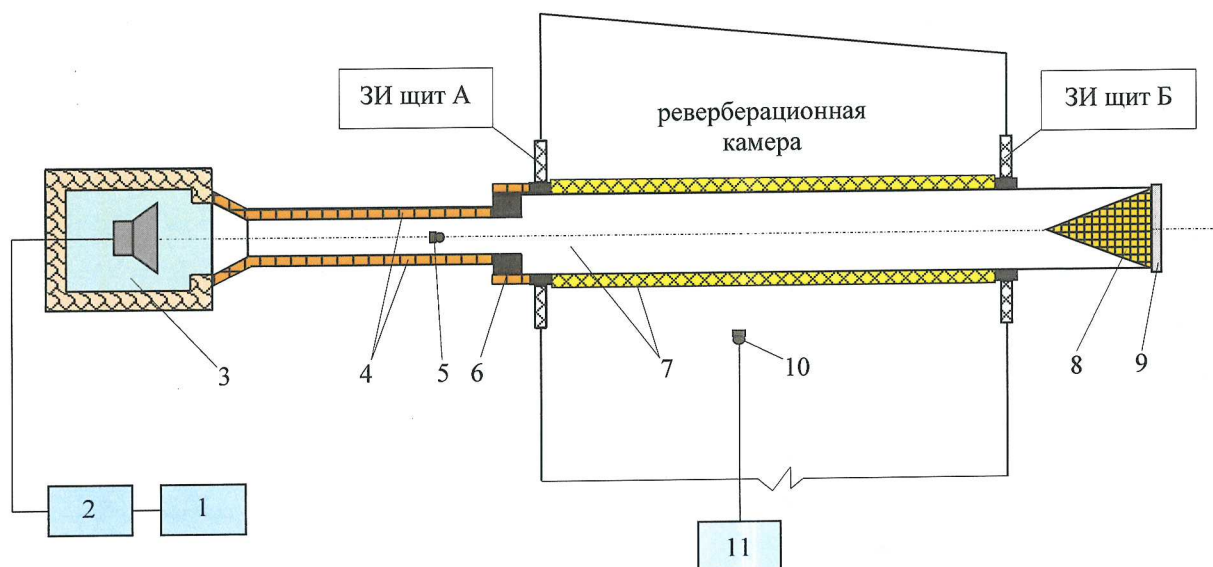
Маты теплоизоляционные из минераловатных прошивных материалов ТЕХНО 80 ГП Ф 2400.1200.30 толщиной 30 и 60 мм (паспортная плотность 72-88 кг/м³, фактическая плотность 82 кг/м³).

Цель испытаний:

Определение акустических характеристик (звукоизолирующей способности) теплоизоляционных покрытий из минераловатных прошивных материалов ТЕХНО 80 ГП Ф 2400.1200 (в октавных полосах частот).

2. МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ИСПЫТАНИЙ

Методика акустических испытаний покрытий отвечает требованиям ГОСТ 31274-2004 (ИСО 3741:1999) «Шум машин. Определение уровней звуковой мощности по звуковому давлению. Точные методы для реверберационных камер». Испытания проведены на аэроакустическом испытательном стенде института. Схема экспериментальной установки представлена на рисунке 2.1.

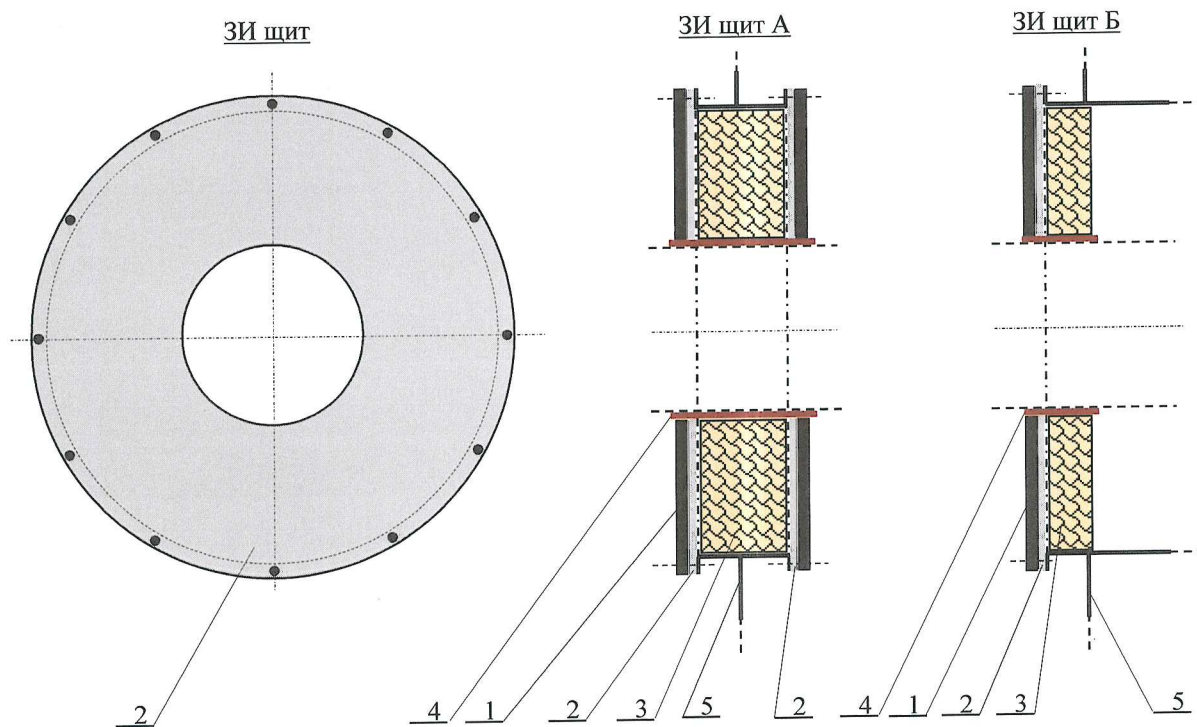


1 – генератор «белого» шума; 2 – усилитель мощности; 3 – источник звука в кожухе со звукопоглощением; 4 – звукоизолированная труба с конфузуром (подводящая звук в испытательную трубу); 5 – контрольный микрофон; 6 – упругий слой (сальник); 7 – испытательная труба (с испытываемым покрытием); 8 – звукопоглощающий клин (для снижения отражения звука от заглушки); 9 – звукоизолирующая заглушка; 10 – измерительный микрофон; 11 – шумомер-анализатор спектра «Октава 110А»

Рисунок 2.1 – Схема экспериментальной установки

В состав испытательного комплекса входят несколько общих элементов. Это металлическая реверберационная камера (РК) объемом 120 м³, звуковой генератор шума типа 03004 №31125 фирмы Роботрон (Германия), усилитель мощности типа QSC ISA 280 Professional Amplifier фирмы QSC Passionate about sound (США), источник звука, а также подводящая звук в испытательную трубу (измерительную камеру) труба диаметром 300 мм с конфузуром. Источник звука: две звуковые колонки (низкочастотная и высокочастотная) с несколькими мощными динамиками, заключённые в кожух со звукоизолирующими и звукопоглощающими ограждениями.

В общем случае испытательные трубы (7) с толщиной стенки 0,7-2,0 мм длиной 6,7 м (по размеру РК) устанавливаются на виброопорах за пределами РК. Трубы проходят через специальные звукоизолирующие (ЗИ) щиты А и Б (рисунок 2.2) в технологических проёмах металлической камеры.



1 - слой виброизоляции; 2 - лист фанеры (10 мм); 3 - ЗПМ;
4 - звукоизолирующая прокладка; 5 - стенка РК

Рисунок 2.2 – Конструкции ЗИ щитов для прохода испытательной трубы

Торцы испытательных труб, как показано на рисунке 2.1, закрываются звукоизолирующими заглушками (9). Они включают металлический лист толщиной 1,5 мм, прокладку из вспененной резины (25 мм), лист многослойной фанеры (24 мм).

Внутри испытательных труб перед заглушками устанавливаются звукопоглощающие клинья (8) длиной 1000 мм, обеспечивающие снижение отражений и предотвращение образования в них «стоячих волн».

Стационарный источник звука - СИЗ (3) расположен в смежном с камерой подглушенном помещении (на его стены и потолок установлена звукопоглощающая облицовка). Подводящая звук труба (4) соединяется с различными круглыми или прямоугольными испытательными трубами (7) посредством переходников и вибродемпфирующей вставки (6) шириной 200 мм.

РК по своим конструктивным и акустическим параметрам соответствует ГОСТ 31274-2004 (ИСО 3741:1999) «Шум машин. Определение уровней звуковой мощности по звуковому давлению. Точные методы для реверберационных камер».

Нижняя граничная частота РК (частота, выше которой число собственных частот камеры достаточно велико и звуковое поле в ней можно считать диффузным), при которой могут быть получены достоверные результаты измерений, составляет 200 Гц. Тем не менее, исследования показали, что пространственное распределение звукового давления в камере достаточно равномерное даже на более низких частотах, чем граничная частота. В первых двух октавах со среднегеометрическими частотами 63 и 125 Гц изменение уровней не превышает $\pm 2,0-2,5$ дБ. Данный факт является основанием для проведения сравнительных измерений и в этом низкочастотном диапазоне. При определении абсолютных значений акустических характеристик источников или при сравнительных испытаниях покрытий (при наличии на них покрытий и без них) с существенно различающейся поверхностью (по звукопоглощению) результатами испытаний могут быть уровни звуковой мощности (УЗМ), которые определяются по формуле (2.1).

Уровень звуковой мощности L_p в дБ испытательной трубы в полосах частот (с покрытиями и без них) определяется по формуле:

$$L_p = L_m + 10 \lg A/A_0 + 10 \lg \left(1 + \frac{S_v \lambda}{8V} \right) - 6, \quad (2.1)$$

где L_m - средний уровень звукового давления в полосах частот;

$$L_m = 10 \lg \left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n 10^{0,1L_i} \right); \quad (2.2)$$

где L_i - уровень звукового давления в полосе частот в i -ой точке измерения;

n - общее количество точек измерения;

$$A_0 = 1 \text{ м}^2.$$

A - эквивалентная площадь звукопоглощения, м^2 , в РК на частоте измерения

$$A = 0,16V/T; \quad (2.3)$$

где V - объем реверберационной камеры, м^3 ;

T - время реверберации в полосе частот, с.

S_v - площадь ограждающих поверхностей РК, м^2 ;

λ - длина волны на среднегеометрической частоте полосы измерения, м.

Поглощение (A), вносимое в камеру покрытиями, определяется по измеренному времени реверберации (T) по формуле (2.3).

2.1 Контрольные измерения и условия испытаний

До проведения испытаний:

а) в реверберационной камере измерены уровни существующего фона, представленные в таблице 2.1, п.1 (СИЗ (3) выключен).

Таблица 2.1 – Фон в измерительной камере

Величина	Уровни звукового давления, дБ, на среднегеометрических частотах октавных полос, Гц							
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Источник звука (3) выключен								
1. Фон в РК	33	27	24	19	16	14	13	13

б) выполнена оценка звукоизолирующей способности ограждений РК (ЗИ ОРК) с помощью образцового источника шума (ОИШ) и определены уровни фона в РК, создаваемого СИЗ (3), табл. 2.2.

Для определения ЗИ РК ОИШ устанавливался у СИЗ (3). Измерительные точки располагались: в ИТ1 (у СИЗ), в ИТ2 (у стены РК снаружи) и в ИТ3 (в 1 м от стены внутри РК). Результаты измерений и ориентировочная ЗИ ОРК (как разность УЗД снаружи и внутри РК) сведены в таблицу 2.2. Полученная таким образом зву-

коизоляция ограждений РК (в отсутствие в них каких-либо отверстий) использованы для оценки фона, создаваемого в РК стационарным источником звука (3) и заглушенной с торца трубой (4), по которой во время испытаний распространяется звук в испытательную трубу.

При испытаниях генератор и усилитель работали на одном (фиксированном) режиме, при котором в трубе создавались неизменные уровни звука (шума) в октавных и треть-октавных (при необходимости) полосах частот.

Таблица 2.2 – Оценка звукоизоляции ограждений РК и фона в ней при испытаниях

Величина, измерительная точка	Уровни звукового давления, дБ, на среднегеометрических частотах октавных полос, Гц								УЗ дБ А
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1. УЗД в ИТ 1	52	58	61	53	58	57	59	53	64
2. УЗД в ИТ 2	50	53	59	52	50	59	57	51	63
3. УЗД в ИТ 3	32	35	35	30	27	27	25	17	34
4. ЗИ стены РК	18	18	24	22	23	32	32	34	29
5. УЗД СИЗ в ИТ 2	69	69	65	62	54	44	43	41	62
6. ЗИ стены РК	18	18	24	22	23	32	32	34	29
7. Фон в РК	51	51	41	40	31	12	11	7	23

Звуковое поле в РК однородное и изотропное, поэтому уровни звукового давления (УЗД) в зависимости от места расположения микрофона (измерительных точек – ИТ) изменяются незначительно (на 1-2 дБ в низкочастотном диапазоне).

В общем, измерения проводятся в трех-четырех ИТ. УЗД, измеренные в каждой серии до десятых долей, округляются до целых значений по установленному (существующему) правилу и усредняются по формуле (2.2). При необходимости учитываются поправки на фон, создаваемый ОИЗ в РК (таблица 2.2).

Для измерений используется прецизионная акустическая аппаратура: шумомер-вибромметр, анализатор спектра ЭКОФИЗИКА-110А, свидетельство о поверке прибора: Формуляр № 22-7713, действительно до 14.12.2023 г.

3. РЕЗУЛЬТАТЫ ИСПЫТАНИЙ

3.1 Результаты испытаний покрытий, установленных на трубе диаметром 400 мм

Испытания проведены 10.04.2023 (14¹⁵) и 11.04.2023 (11³⁰). Измерения УЗД в РК выполнены в октавных полосах частот в трех измерительных точках (ИТ1-ИТ3) при наличии и отсутствии на испытательной трубе (ИТ) со стенкой толщиной 2,0 мм двух вариантов теплоизоляционных покрытий, указанных в разделе 1. Результаты измерений сведены в таблицу 3.1.

Таблица 3.1 – Результаты измерений

Величина, измерительная точка	Уровни звукового давления, дБ, на среднегеометрических частотах октавных полос, Гц								УЗ дБ А
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Труба диаметром 400 мм									
Вариант 1									
Труба без покрытия									
УЗД в ИТ 1	64	69	65	68	75	72	70	47	79
УЗД в ИТ 2	62	70	63	67	74	72	69	48	78
УЗД в ИТ 3	67	70	64	67	75	72	70	47	79
Ср. значения УЗД	64	70	64	67	75	72	70	47	79
Труба с покрытием толщиной 30 мм									
УЗД в ИТ 1	66	65	56	54	58	49	40	17	59
УЗД в ИТ 2	59	67	55	54	58	49	41	17	59
УЗД в ИТ 3	66	64	55	54	57	49	41	19	58
Ср. значения УЗД	64	65	55	54	58	49	41	18	59
Эффект установки покрытия	0	5	9	13	17	23	29	29	20
Вариант 2									
Труба без покрытия									
УЗД в ИТ 1	66	70	66	68	75	72	69	47	79
УЗД в ИТ 2	61	68	62	68	75	72	69	48	78
УЗД в ИТ 3	67	69	63	67	74	72	69	47	79
Ср. значения УЗД	65	69	64	68	75	72	69	47	79
Труба с покрытием толщиной 60 мм									
УЗД в ИТ 1	66	64	57	51	53	43	33	15	56
УЗД в ИТ 2	57	64	55	51	53	43	32	16	56
УЗД в ИТ 3	64	65	56	50	53	43	33	15	56
Ср. значения УЗД	62	64	56	51	53	43	33	15	56
Эффект установки покрытия	3	5	8	17	22	29	36	32	23

По поводу испытаний и полученных результатов, приведённых в таблице 3.1, можно отметить следующее:

1. Октавные уровни звукового давления (УЗД), создаваемые в трубе, соединяющей стационарный источник звука (СИЗ) и испытательную трубу, достигают 95-108 дБ (в зависимости от частоты). В окружающем ИТ пространстве (в объеме РК) они значительно ниже и составляют в диапазоне низких и средних частот толь-

ко 64-70 дБ, а диапазоне высоких частот до частоты 4000 Гц 68-75 дБ. Такое снижение УЗД достигается за счет высокой звукоизолирующей способности данной толстостенной ИТ.

2. Характерно, что в октавной полосе со среднегеометрической частотой (СГЧ) - 8000 Гц уровень звука существенно ниже, чем в предыдущей октаве и составляет 47 дБ. Это связано с особенностями звукоизоляции стенки испытательной трубы на частотах, входящих в данную октавную полосу. Нежелательные последствия данного факта могут проявляться при высокой эффективности, например, многослойных звукоизолирующих покрытий.

3. За счет установки испытываемых вариантов теплоизоляционных покрытий на трубу октавные УЗД в РК снижаются во всем измеряемом диапазоне частот. Акустическая эффективность покрытий возрастает с ростом частоты звука, достигая максимума в октавной полосе с СГЧ 8000 Гц. С увеличением толщины слоя материала в два раза (с 30 мм до 60 мм) эффективность покрытия возрастает на 3-7 дБ в зависимости от частоты звука.

3.2 Результаты испытаний покрытий, установленных на трубе диаметром 200 мм

Испытания проведены 19.04.2023 (15²⁰) и 20.04.2023 (11³⁰). Результаты измерений при наличии и отсутствии на испытательной трубе с толщиной стенки 1,5 мм двух вариантов покрытий, указанных в разделе 1, сведены в таблицу 3.2.

Таблица 3.2 – Результаты измерений

Величина, измерительная точка	Уровни звукового давления, дБ, на среднегеометрических частотных полос, Гц								УЗ дБ А
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Вариант 1									
Труба без покрытия									
УЗД в ИТ 1	60	61	62	63	68	62	59	47	70
УЗД в ИТ 2	58	63	62	63	67	62	59	47	70
УЗД в ИТ 3	60	63	61	62	68	63	59	48	70
Ср. значения УЗД	59	62	62	63	68	62	59	47	70
Труба с покрытием толщиной 30 мм									
УЗД в ИТ 1	58	61	60	58	59	48	39	19	60
УЗД в ИТ 2	57	63	61	60	60	49	39	20	61
УЗД в ИТ 3	58	60	60	60	60	48	39	19	60
Ср. значения УЗД	58	61	60	59	60	48	39	19	60
Эффект установки покрытия									
	1	1	2	4	8	14	20	28	10

Окончание таблицы 3.2

Вариант 2									
Труба без покрытия									
УЗД в ИТ 1	60	61	63	63	68	62	59	47	70
УЗД в ИТ 2	58	63	62	63	68	62	59	47	70
УЗД в ИТ 3	59	62	61	62	68	63	59	48	70
Ср. значения УЗД	59	62	62	63	68	62	59	47	70
Труба с покрытием толщиной 60 мм									
УЗД в ИТ 1	59	62	57	55	54	40	29	17	54
УЗД в ИТ 2	56	63	56	56	54	40	30	17	54
УЗД в ИТ 3	58	59	57	56	53	40	29	17	54
Ср. значения УЗД	58	61	57	56	53	40	29	17	54
Эффект установки покрытия	1	1	5	7	15	22	30	30	16

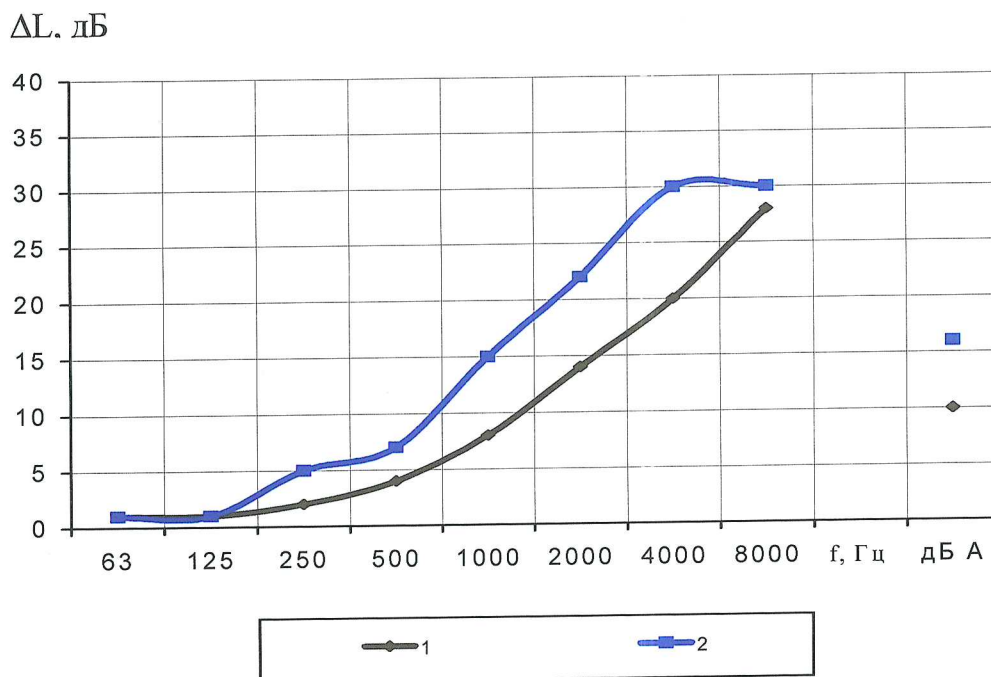
По результатам испытаний, приведённых в таблице 3.2, достаточно отметить, что октавные УЗД, создаваемые ОИЗ в испытательной трубе диаметром 200 мм ниже, чем в трубе диаметром 400 мм, соответственно ниже и в окружающем её пространстве. В объеме РК они с ростом частоты сначала повышаются с 59 до 68 дБ (до октавы с СГЧ 1000 Гц), а затем снижаются до 47 дБ в октаве с СГЧ 8000 Гц.

3.3 Основные выводы

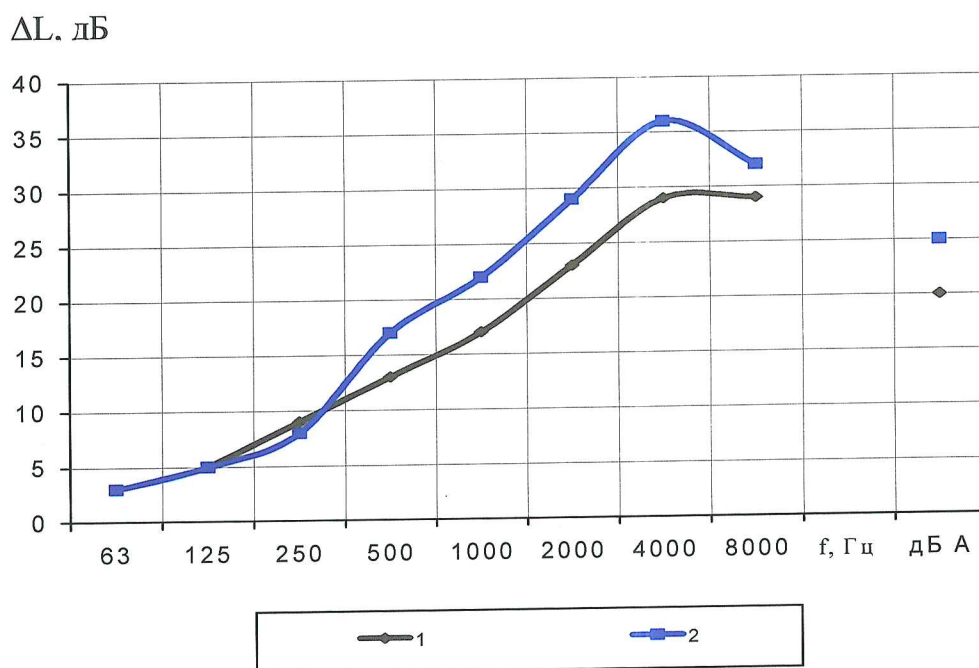
Полученные результаты испытаний позволяют сделать следующие важные выводы:

1. Акустическая эффективность теплоизоляционных покрытий зависит от их толщины. С увеличением толщины покрытия на трубе диаметром 200 мм его эффективность в октавных полосах со СГЧ 250 – 4000 Гц возрастает на 3-10 дБ (рисунок 3.1). На трубе диаметром 400 мм эта зависимость проявляется в октавных полосах со СГЧ 500 – 4000 Гц, а увеличение эффективности покрытия составляет 4-7 дБ. В последней октаве с СГЧ 8000 Гц в обоих случаях эффективность возрастает на 3-4 дБ.

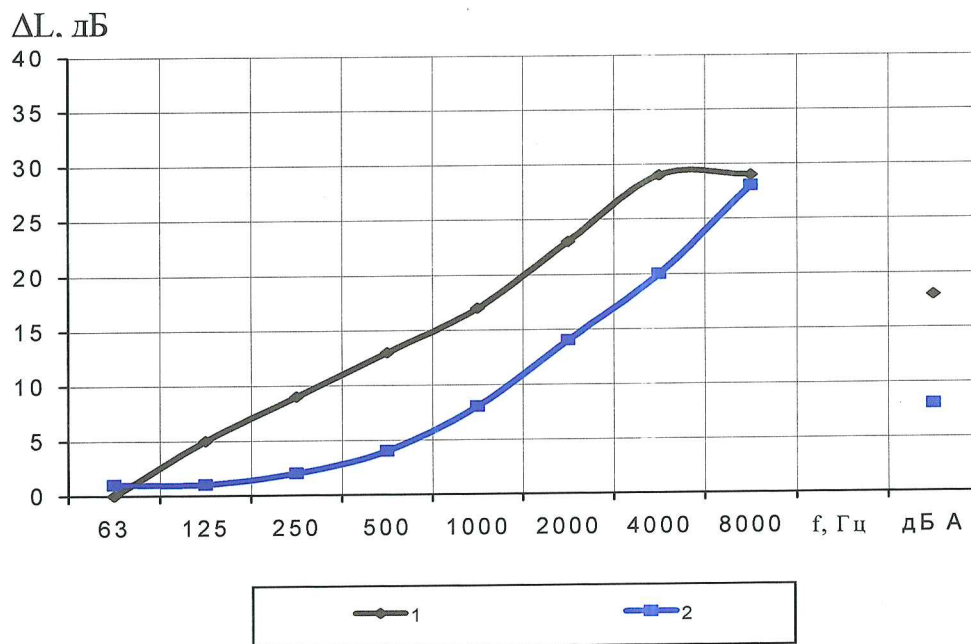
2. Акустическая эффективность теплоизоляционных покрытий зависит от диаметра трубы, на которую они устанавливаются. Это касается обоих покрытий толщиной 30 мм и 60 мм. Разность эффективностей покрытия толщиной 30 мм, устанавливаемого на трубах диаметром 200 мм и 400 мм, составляет 4-9 дБ в октавных полосах со СГЧ 125 – 4000 Гц (рисунок 3.3), а покрытия толщиной 60 мм в октавных полосах со СГЧ 63 – 4000 Гц 2-10 дБ (рисунок 3.4). В последней октаве с СГЧ 8000 Гц в обоих случаях эта разность значительно ниже 2-3 дБ.



1 – покрытие толщиной 30 мм; 2 – покрытие толщиной 60 мм
Рисунок 3.1 – Эффективность комбинированных покрытий на трубу диаметром 200 мм в октавных полосах частот

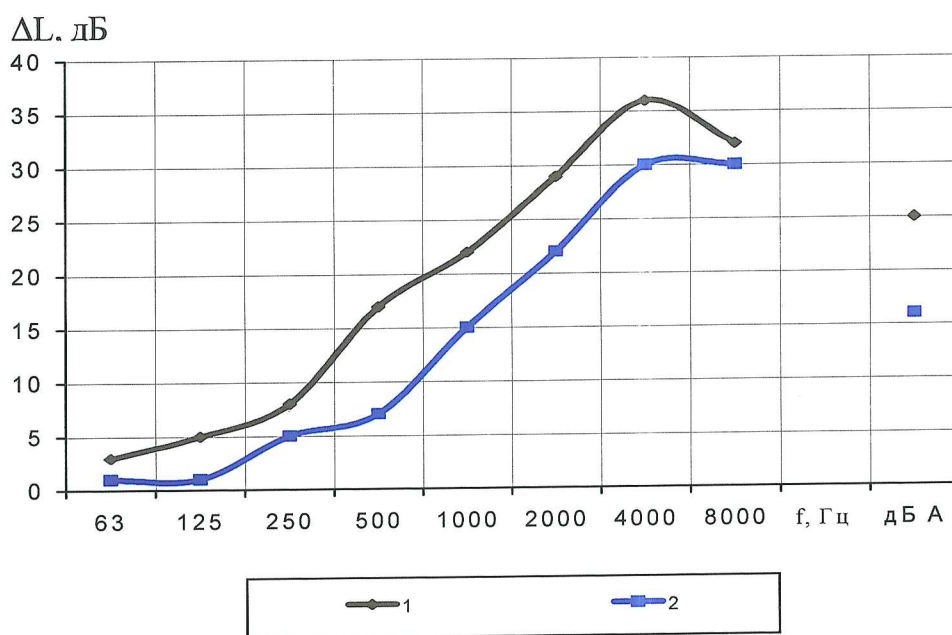


1 – покрытие толщиной 30 мм; 2 – покрытие толщиной 60 мм
Рисунок 3.2 – Эффективность комбинированных покрытий на трубу диаметром 400 мм в октавных полосах частот



1 – диаметр 400 мм; 2 – диаметр 200 мм

Рисунок 3.3 – Сравнение эффективности покрытий в зависимости от диаметров труб (покрытие толщиной 30 мм)



1 – диаметр 400 мм; 2 – диаметр 200 мм

Рисунок 3.4 – Сравнение эффективности покрытия толщиной 60 мм в зависимости от диаметров труб

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Работа, предусмотренная техническим заданием, выполнена в полном объеме и в установленные договором сроки.

Результаты выполненных испытаний показали, что маты теплоизоляционные из минераловатных прошивных материалов ТЕХНО 80 ГП Ф 2400.1200.30 обладают высокой звукоизолирующей способностью. Их акустическая эффективность при толщине 60 мм и установке на трубах диаметром 400 мм и 200 мм в октавных полосах частот достигает 37 дБ и 30 дБ, а при толщине 30 мм и установке на этих трубах - 28 дБ и 20 дБ соответственно.

На данном основании они, безусловно, могут быть рекомендованы в качестве звукоизолирующих покрытий на воздуховоды систем вентиляции и дымоудаления при проектировании защиты от шума этих систем.

Полученные акустические характеристики теплоизолирующих покрытий - необходимые исходные данные для акустических расчетов для прогнозирования шумового воздействия систем вентиляции и дымоудаления, обязательность которых при проектировании и строительстве любых объектов устанавливает СНиП 23-03-2003 «Защита от шума» и его актуализированная редакция (СП 51.13330.2011).

ПРИЛОЖЕНИЕ

ФРАГМЕНТЫ ИСПЫТАТЕЛЬНОЙ УСТАНОВКИ

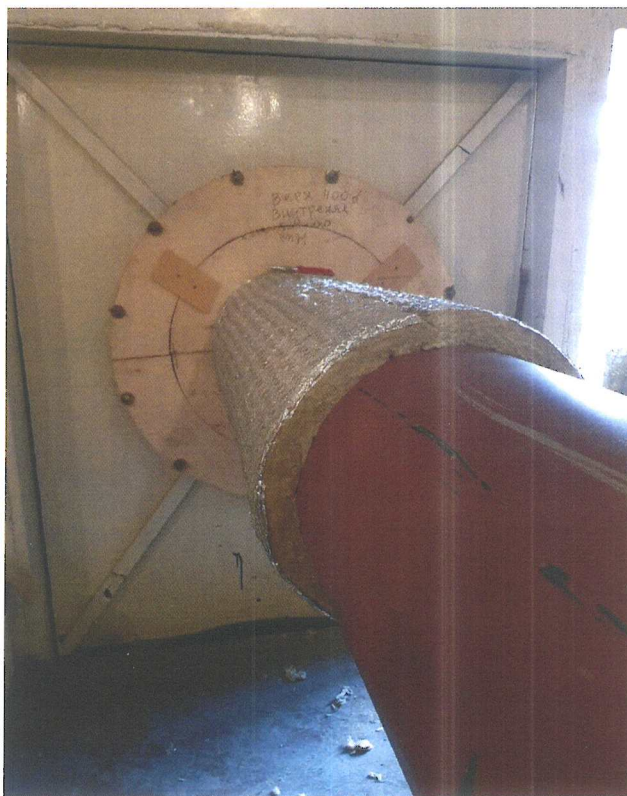


Рисунок П1- Проход испытательной трубы через заднюю стену РК

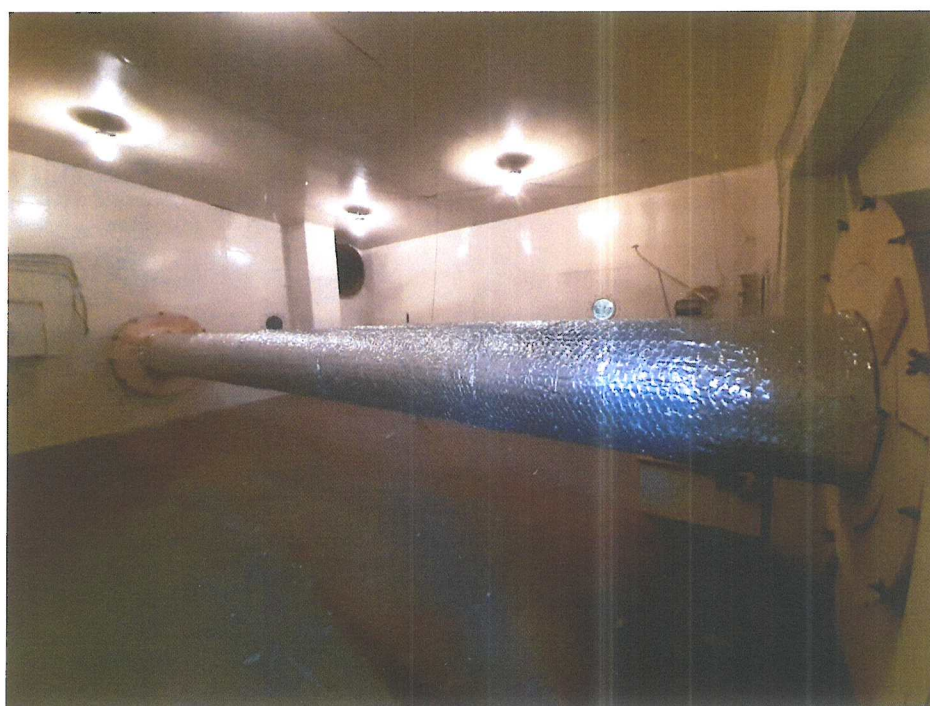


Рисунок П1- Испытательная труба с покрытием в РК