

ПРОТОКОЛ
проведения акустических испытаний
звукоизолирующих покрытий воздуховодов

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



В.П. Гусев

Ответственный исполнитель,
старший научный сотрудник



М.Ю. Лешко

СОДЕРЖАНИЕ

1. ОБЪЕКТЫ И ЦЕЛЬ ИСПЫТАНИЙ.....	3
2. ИСПЫТАТЕЛЬНЫЙ СТЕНД.....	3
3. РЕЗУЛЬТАТЫ ИСПЫТАНИЙ.....	8
3.1. Общие положения.....	8
3.2. Результаты измерений.....	8
4. ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	12

1. ОБЪЕКТЫ И ЦЕЛЬ ИСПЫТАНИЙ

Теплозвукоизолирующие покрытия на металлические воздуховоды:

- марки URSA GEO M-25Ф толщиной 50 и 100 мм;
- марки URSA GEO M-25 толщиной 50 мм.

Цель испытаний – определение акустических характеристик теплозвукоизолирующих покрытий (влияния покрытий на изоляцию воздушного шума стенок круглых воздуховодов).

2. МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ИСПЫТАНИЙ

Испытания теплозвукоизолирующих покрытий проведены на сертифицированном аэроакустическом стенде НИИСФ РААСН.

В состав стенда входит: металлическая реверберационная камера (объем 130 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 (громкоговоритель - звуковые колонки). Для измерений используется прецизионная акустическая измерительная аппаратура: шумомер-анализатор спектра типа «Октава 110А», свидетельство о поверке №03-12 356004, действительное до 12 января 2012 г.

Методика испытаний отвечает требованиям ГОСТ Р ИСО 15665-2007 «Шум. Руководство по акустической изоляции труб и арматуры трубопроводов», ГОСТ 31274-2004 (ИСО 3741:1999) «Шум машин. Определение уровней звуковой мощности по звуковому давлению. Точные методы для реверберационных камер».

Испытательные воздуховоды (трубы) длиной 4,0 м, диаметром 160 и 315 мм устанавливались в реверберационной камере, а источника звука за ее пределами, как показано на рисунке 2.1. Толщина стенок воздуховодов 0,7 мм.

Как видно на рисунке 2.1, с противоположной от источника звука стороны испытательной трубы установлена звукоизолирующая заглушка (металлические листы толщиной 1,0 мм, между ними лист ДСП толщиной 24 мм) и звукопоглощающий клин длиной 700 мм. Труба за пределами камеры имеет разрыв, в котором установлена гибкая (вибродемпфирующая) вставка.

Сначала на испытательные воздуховоды диаметром 160 и 315 мм устанавливались два покрытия марки URSA GEO M-25Ф - толщиной 50 и 100 мм, затем на воздуховод диаметром 315 мм еще одно покрытие толщиной 50 мм марки URSA GEO M-25. Закреплялись покрытия на воздуховодах клейкой металлизированной лентой. Некоторые варианты испытательных установок снаружи и внутри камеры представлены на фото – рисунках 2.2-2.6.

Испытания проводились на одном режиме работы генератора и усилителя, при котором в испытательной трубе диаметром 160 мм создавался уровень звука 115 дБ А, а в трубе диаметром 315 мм – 112 дБ А.

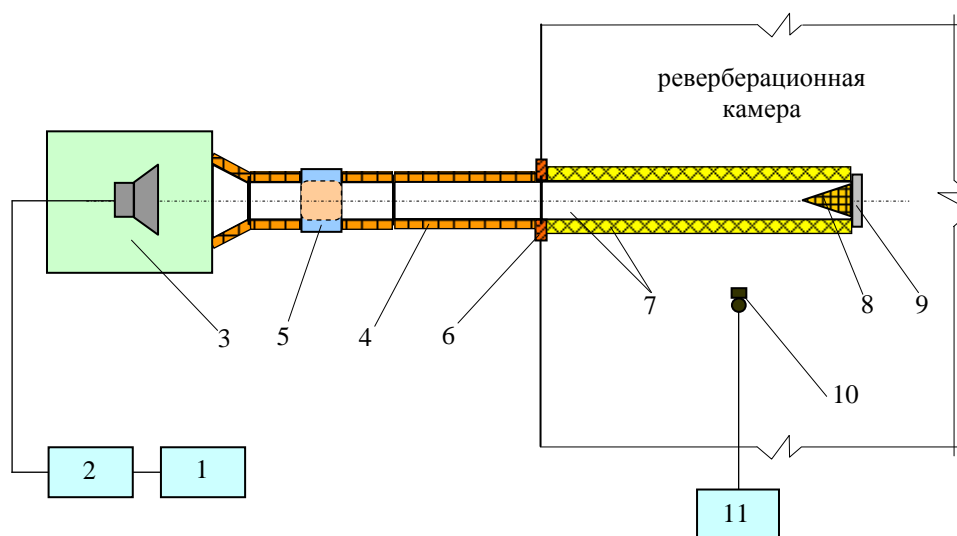


Рисунок 2.1 - Схема экспериментальной установки

- 1 – генератор розового шума; 2 – усилитель мощности; 3 – источник звука;
 4 – соединительный воздуховод со звукоизолирующим покрытием;
 5 – гибкая вставка, уменьшающая передачу вибрации; 6 – упругий сальник;
 7 – испытательный воздуховод (с испытываемым покрытием и без него);
 8 – звукопоглощающий клин; 9 – звукоизолирующая заглушка;
 10 – микрофон; 11 – шумомер-анализатор спектра «Октава 110А»

Звукопоглощение A , вносимое испытательными трубами и образцами покрытий в камеру, определено по времени реверберации T , измеряемому после завершения монтажа испытательной трубы и каждого образца покрытия на ней. Измерение времени реверберации выполнено по стандартной методике с помощью акустического многофункционального устройства «ЭКОФИЗИКА». В качестве источника звука использован стартовый пистолет.

Влияние теплозвукоизолирующих покрытий на изоляцию воздушного шума стенками испытательной трубы определено как разность уровней звуковой мощности испытательной трубы без покрытия и с покрытием.

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 реверберационной камере 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 реверберационной камеры, м^2 ;

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

Уровни звукового давления (УЗД) в реверберационной камере измерялись в 4-х точках, а затем усреднялись по формуле (2.2).

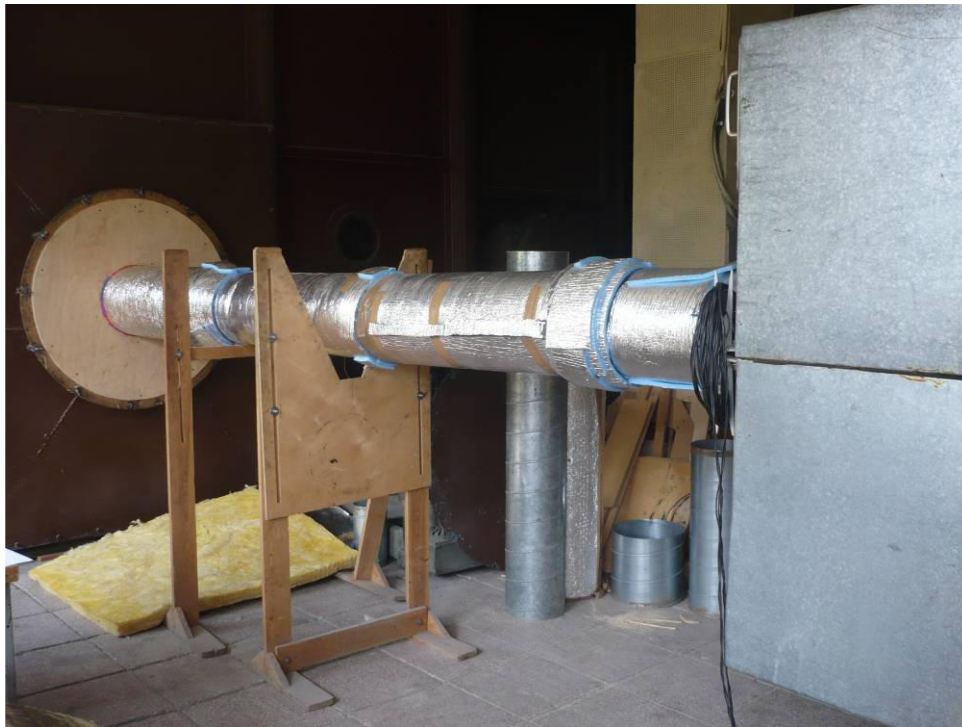


Рисунок 2.2– Источник шума и труба за пределами камеры



Рисунок 2.3 – Испытательная труба диаметром 160 мм с покрытием марки URSA GEO M-25Φ, $\delta=50$ мм



Рисунок 2.4 – Испытательная труба диаметром 160 мм с покрытием марки URSA GEO M-25Φ, $\delta=100$ мм



Рисунок 2.5 – Испытательная труба диаметром 315 мм с покрытием марки URSA GEO M-25Ф, $\delta=100$ мм



Рисунок 2.6 – Испытательная труба диаметром 315 мм с покрытием марки URSA GEO M-25, $\delta=50$ мм

3. РЕЗУЛЬТАТЫ ИСПЫТАНИЙ

3.1. Общие положения

Звуковое поле в реверберационной камере однородное и изотропное, поэтому измеренные уровни звукового давления в зависимости от места расположения микрофона (в 4-х точках) изменялись незначительно (на 1-2 дБ). Несмотря на это, они усреднялись по формуле (2.2). Кроме указанных вариантов покрытий испытательных труб дополнительно было проведено испытание материала марки URSA GEO M-25 толщиной 50 мм, установленном на воздуховоде диаметром 160 мм (в техническом задании данный вариант отсутствует).

3.2. Результаты измерений

Средние уровни звукового давления, полученные при всех вариантах покрытий на испытательных трубах, трубах без покрытий, а также УЗД внутри труб и фона в камере, сведены в таблицу 3.1.

Таблица 3.1 – Результаты измерений

Измерительная точка, 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
Труба $\phi 160$ мм без покрытия								
т. 1	72	66	59	58	63	59	61	51
т. 2	71	68	59	58	63	60	61	49
т. 3	71	65	59	58	62	59	61	49
т. 4	70	65	60	58	63	59	61	50
Ср. значения УЗД	71	66	59	58	63	59	61	50
Труба $\phi 160$ мм с покрытием URSA GEO M-25 $\delta=50$ мм,								
т. 1	70	68	60	54	56	49	48	39
т. 2	68	68	58	54	56	50	48	38
т. 3	69	66	57	53	55	48	48	39
т. 4	69	67	58	54	56	49	48	39
Ср. значения УЗД	69	67	58	54	56	49	48	39
Труба $\phi 160$ мм с покрытием URSA GEO M-25Ф $\delta=50$ мм								
т. 1	71	61	54	51	50	44	45	36
т. 2	70	65	55	51	51	44	45	36
т. 3	70	62	55	53	52	45	45	36
т. 4	72	61	57	52	50	44	45	36
Ср. значения УЗД	71	62	55	52	51	44	45	36
Труба $\phi 160$ мм с покрытием URSA GEO M-25Ф $\delta=100$ мм								
т. 1	69	62	53	49	48	41	42	32
т. 2	69	63	54	49	48	41	42	32
т. 3	70	61	52	48	48	41	42	32
т. 4	66	62	53	49	48	41	42	32
Ср. значения УЗД	68	62	53	49	48	41	42	32
Уровень звука в трубе $\phi 160$ мм								
	117	118	120	118	118	124	128	119
Фон в камере при включенном источнике шума								
	67	58	52	43	43	36	33	28

Продолжение таблицы 3.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Труба $\phi 315$ мм без покрытия								
г. 1	74	72	65	64	67	66	71	56
г. 2	76	75	66	65	68	66	71	56
г. 3	74	74	65	65	69	66	71	56
г. 4	71	72	65	65	67	66	71	56
Ср. значения УЗД	74	73	65	65	68	66	71	56
Труба $\phi 315$ мм с покрытием URSA GEO M-25 $\delta=50$ мм, без фольги								
г. 1	71	72	61	55	59	52	56	37
г. 2	73	73	62	54	59	53	56	37
г. 3	74	73	61	57	59	52	56	37
г. 4	70	69	61	56	59	52	56	38
Ср. значения УЗД	72	72	61	56	59	52	56	37
Труба $\phi 315$ мм с покрытием URSA GEO M-25Ф $\delta=50$ мм								
г. 1	77	74	62	53	55	47	50	33
г. 2	78	74	62	53	54	47	49	33
г. 3	76	75	63	55	57	47	50	33
г. 4	75	74	64	54	56	47	50	33
Ср. значения УЗД	77	74	63	53	56	47	50	33
Труба $\phi 315$ мм с покрытием URSA GEO M-25Ф $\delta=100$ мм								
г. 1	72	70	58	50	51	43	45	29
г. 2	72	71	56	49	52	43	45	29
г. 3	73	73	56	50	52	43	45	29
г. 4	70	70	58	51	51	43	46	29
Ср. значения УЗД	72	71	57	50	51	43	45	29
Уровень звука в трубе $\phi 315$ мм								
	122	120	118	115	115	117	124	114
Фон в камере при включенном источнике шума								
	69	57	52	44	44	37	35	27

Акустические эффективности всех вариантов покрытий (эффекты установки на трубе), определенные как разность средних уровней звукового давления при наличии на трубе покрытия и без него, представлены в таблице 3.2.

Таблица 3.2 – Акустическая эффективность покрытий (по звуковому давлению), дБ

Величина	Среднегеометрические частоты октавных полос, Гц							
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Труба $\phi 160$ мм с покрытием URSA GEO M-25 $\delta=50$ мм								
Эффект установки	2	-1	1	4	7	10	13	11
Трубы в диапазоне от $\phi 160$ до $\phi 315$ мм с покрытием URSA GEO M-25 $\delta=50$ мм								
Эффект установки	2	0	2	6	8	12	14	15
Труба $\phi 315$ мм с покрытием URSA GEO M-25 $\delta=50$ мм, без фольги								
Эффект установки	2	1	4	9	9	14	15	19
Труба $\phi 160$ мм с покрытием URSA GEO M-25Ф $\delta=50$ мм								
Эффект установки	-	4	4	6	12	15	16	14
Трубы в диапазоне от $\phi 160$ до $\phi 315$ мм с покрытием URSA GEO M-25Ф $\delta=50$ мм								
Эффект установки	-1	1	3	9	12	17	18	18
Труба $\phi 315$ мм с покрытием URSA GEO M-25Ф $\delta=50$ мм								
Эффект установки	-3	-1	2	12	12	19	21	23

Продолжение таблицы 3.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Труба $\phi 160$ мм с покрытием URSA GEO M-25Ф $\delta=100$ мм								
Эффект установки	3	4	6	9	15	18	19	18
Трубы в диапазоне от $\phi 160$ до $\phi 315$ мм с покрытием URSA GEO M-25Ф $\delta=100$ мм								
Эффект установки	2	3	7	12	16	20	23	22
Труба $\phi 315$ мм с покрытием URSA GEO M-25Ф $\delta=100$ мм								
Эффект установки	2	2	8	15	17	23	28	26

Для получения более точных данных (эффектов установки покрытий) они определены по разности уровней звуковой мощности (УЗМ) источников звука (шума), т.е. испытательной трубы при наличии на ней покрытий и без них.

Для определения УЗМ указанных источников по формуле (2.1) сначала по измеренному времени реверберации (Т). Результаты измерений приведены в таблицу 3.3. Затем определялось поглощение (А), вносимое в камеру покрытиями, по формуле (2.3).

Таблица 3.3 – Время реверберации при всех вариантах покрытий

Вариант покрытия	Среднегеометрические частоты октавных полос, Гц							
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
1	3	4	5	6	7	8	9	10
Труба $\phi 160$ мм								
Без покрытия	3	5	4	4	3	3	2	1
С покрытием URSA GEO M-25 $\delta=50$ мм, без фольги	5	5	4	4	3	2	2	1
С покрытием URSA GEO M-25Ф $\delta=50$ мм	3	4	4	3	3	2	2	1
С покрытием URSA GEO M-25Ф $\delta=100$ мм	4	5	4	3	3	2	2	1
Труба $\phi 315$ мм								
Без покрытия	3	4	4	4	3	3	2	1
С покрытием URSA GEO M-25 $\delta=50$ мм	3	4	4	3	3	2	2	1
С покрытием URSA GEO M-25Ф $\delta=50$ мм	5	4	4	3	2	2	1	1
С покрытием URSA GEO M-25Ф $\delta=100$ мм	4	4	4	3	3	2	2	1

Определенные (полученные) таким образом шумовые характеристики указанных источников шума в камере (октавные УЗМ) сведены в таблицу 3.4.

По разностям УЗМ источников шума №1-5 (таблица 3.4) и УЗМ источника шума №6 определены акустические эффективности (эффекты установки на испытательной трубе) всех вариантов покрытий, которые представлены в таблице 3.5.

Таблица 3.4 – Звуковая мощность источников звука (шума), дБ

УЗМ источника, дБ	Среднегеометрические частоты октавных полос, Гц							
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
1	3	4	5	6	7	8	9	10
Труба $\phi 160$ мм								
Без покрытия	74	66	60	59	65	62	65	56
С покрытием URSA GEO M-25 $\delta=50$ мм	69	67	59	55	58	53	52	45
С покрытием URSA GEO M-25Ф $\delta=50$ мм	73	63	56	54	53	47	50	42
С покрытием URSA GEO M-25Ф $\delta=100$ мм	70	62	54	51	50	45	47	38

Продолжение таблицы 3.4

1	3	4	5	6	7	8	9	10
Труба $\phi 315$ мм								
Без покрытия	77	73	66	66	70	69	75	62
С покрытием URSA GEO M-25 $\delta=50$ мм	72	73	62	58	61	56	59	43
С покрытием URSA GEO M-25Ф $\delta=50$ мм	79	75	64	56	58	51	54	39
С покрытием URSA GEO M-25Ф $\delta=100$ мм	74	72	58	52	53	47	50	35

Таблица 3.5 – Акустическая эффективность покрытий (по звуковой мощности), дБ

Величина	Среднегеометрические частоты октавных полос, Гц							
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Труба $\phi 160$ мм с покрытием URSA GEO M-25 $\delta=50$ мм								
Эффект установки	5	-1	1	4	7	9	13	11
Трубы в диапазоне от $\phi 160$ до $\phi 315$ мм с покрытием URSA GEO M-25 $\delta=50$ мм								
Эффект установки	5	0	2	6	8	11	14	15
Труба $\phi 315$ мм с покрытием URSA GEO M-25 $\delta=50$ мм								
Эффект установки	5	-	4	8	9	13	16	19
Труба $\phi 160$ мм с покрытием URSA GEO M-25Ф $\delta=50$ мм								
Эффект установки	1	3	4	5	12	15	15	14
Трубы в диапазоне от $\phi 160$ до $\phi 315$ мм с покрытием URSA GEO M-25Ф $\delta=50$ мм								
Эффект установки	-1	0	3	7	12	16	18	18
Труба $\phi 315$ мм с покрытием URSA GEO M-25Ф $\delta=50$ мм								
Эффект установки	-2	-2	2	10	12	18	21	23
Труба $\phi 160$ мм с покрытием URSA GEO M-25Ф $\delta=100$ мм								
Эффект установки	4	4	6	8	15	17	18	18
Трубы в диапазоне от $\phi 160$ до $\phi 315$ мм с покрытием URSA GEO M-25Ф $\delta=100$ мм								
Эффект установки	3	2	7	11	16	19	21	22
Труба $\phi 315$ мм с покрытием URSA GEO M-25Ф $\delta=100$ мм								
Эффект установки	3	1	8	14	17	22	25	27

4. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

По результатам акустических испытаний теплозвукоизолирующих покрытий наземных трубопроводов можно отметить следующее:

1. За счет установки теплозвукоизолирующих покрытий уровни шума, излучаемые трубой в измерительное помещение, значительно снижаются, особенно на высоких частотах. Это наглядно демонстрируют рисунки 4.1 и 4.2. На них также видно, что характер шума, излучаемого трубами без покрытий, определяется зависимой от частоты звукоизолирующей их стенок.

2. Акустическая эффективность покрытий, определенная и по звуковому давлению, и по звуковой мощности, в диапазоне низких частот (до 250 Гц) не более 8 дБ. Затем она существенно повышается и достигает на высоких частотах 23-28 дБ (см. таблицы 3.2, 3.5 и рисунки 4.3 ÷ 4.6).

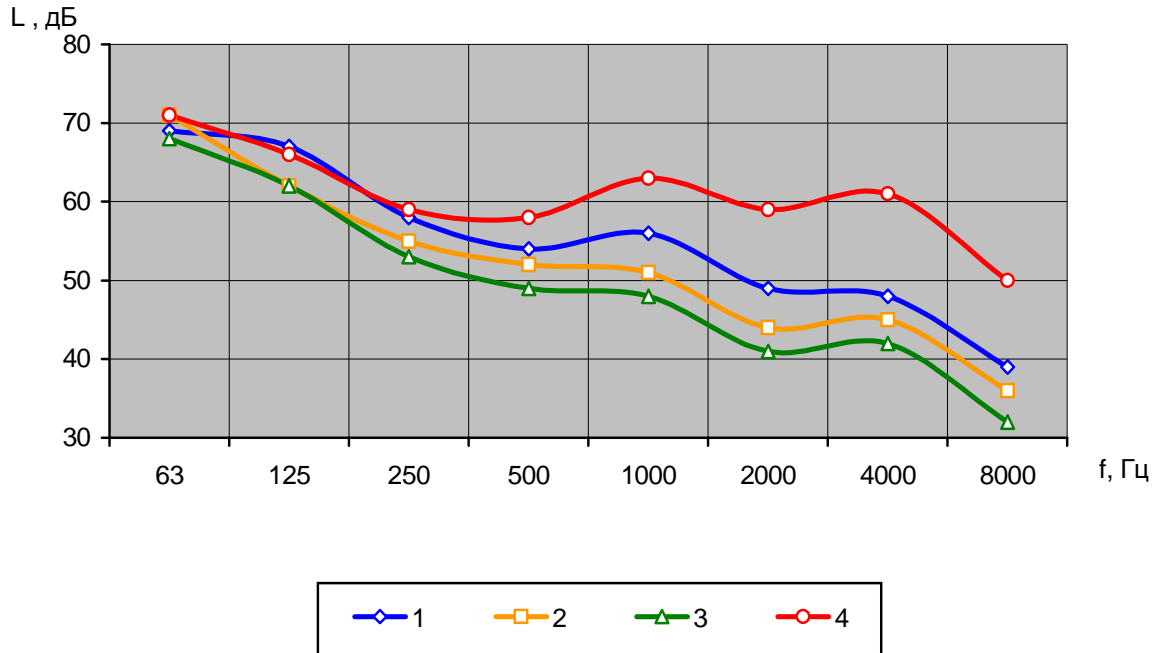


Рисунок 4.1 – Средние УЗД в камере при различных покрытиях для трубы $\varnothing 160$ мм

1 – с покрытием URSA GEO M-25 $\delta=50$ мм, без фольги; 2 – с покрытием URSA GEO M-25Ф $\delta=50$ мм;

3 – с покрытием URSA GEO M-25Ф $\delta=100$ мм; 4 – без покрытия

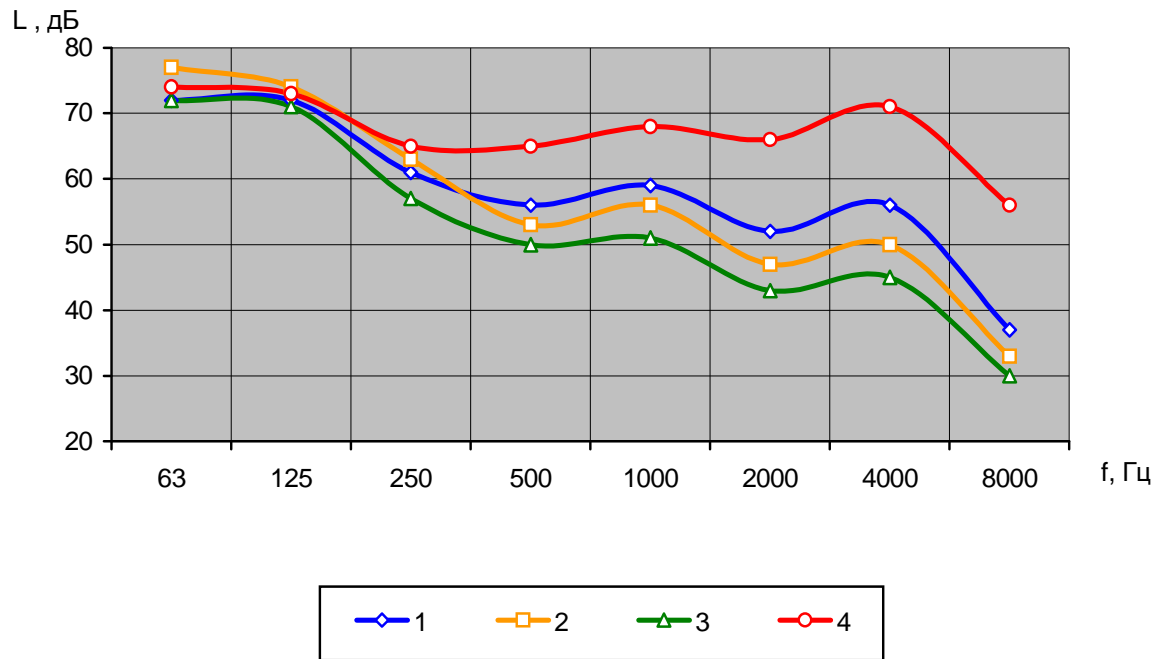


Рисунок 4.2 – Средние УЗД в камере при различных покрытиях для трубы $\phi 315$ мм

1 – с покрытием URSA GEO M-25 $\delta=50$ мм, без фольги; 2 - с покрытием URSA GEO M-25Ф $\delta=50$ мм;
3 - с покрытием URSA GEO M-25Ф $\delta=100$ мм; 4 – без покрытия

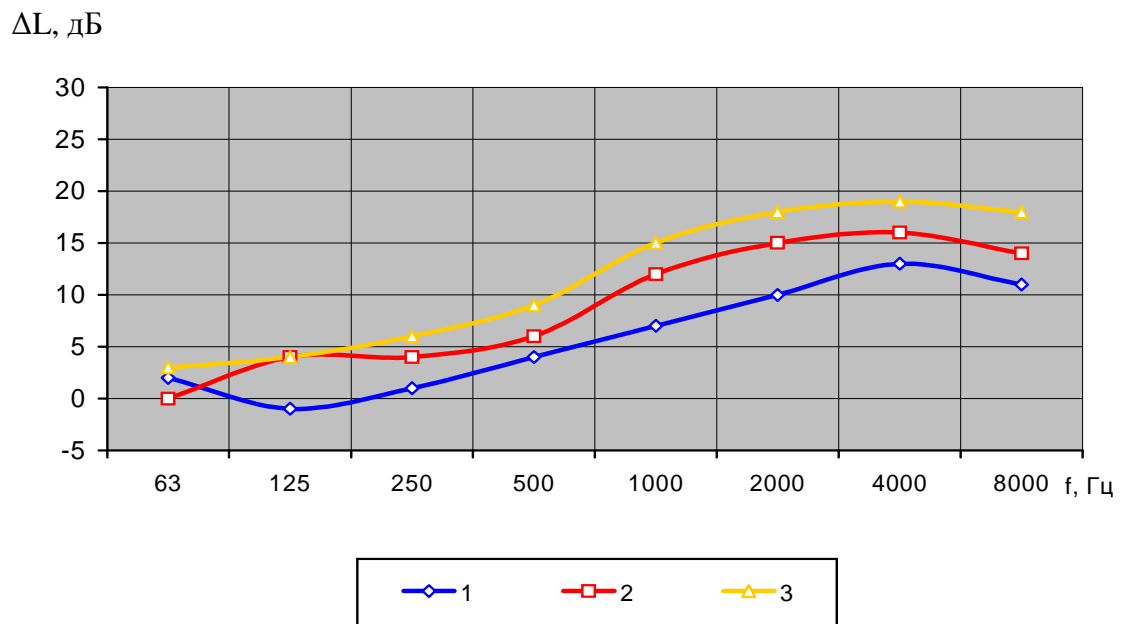


Рисунок 4.3 - Эффективность покрытий (по звуковому давлению) для трубы $\phi 160$ мм

1 – с покрытием URSA GEO M-25 $\delta=50$ мм; 2 - с покрытием URSA GEO M-25Ф $\delta=50$ мм;
3 - с покрытием URSA GEO M-25Ф $\delta=100$ мм

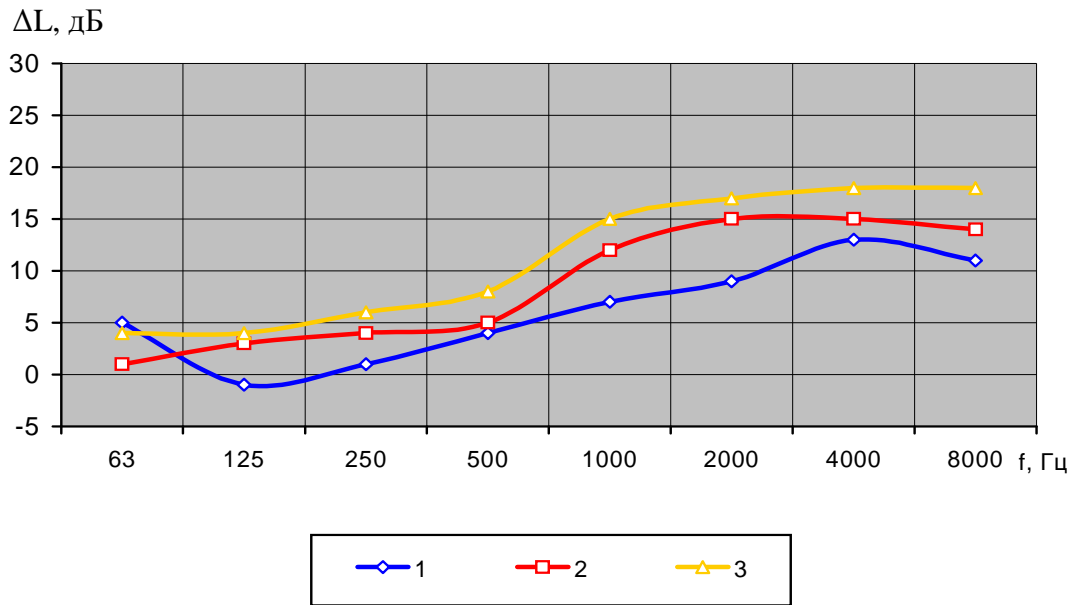


Рисунок 4.4 - Эффективность покрытий (по звуковой мощности)
для трубы $\phi 160$ мм

1 — с покрытием URSA GEO M-25 $\delta=50$ мм, без фольги; 2 — с покрытием URSA GEO M-25Ф $\delta=50$ мм;
3 — с покрытием URSA GEO M-25Ф $\delta=100$ мм

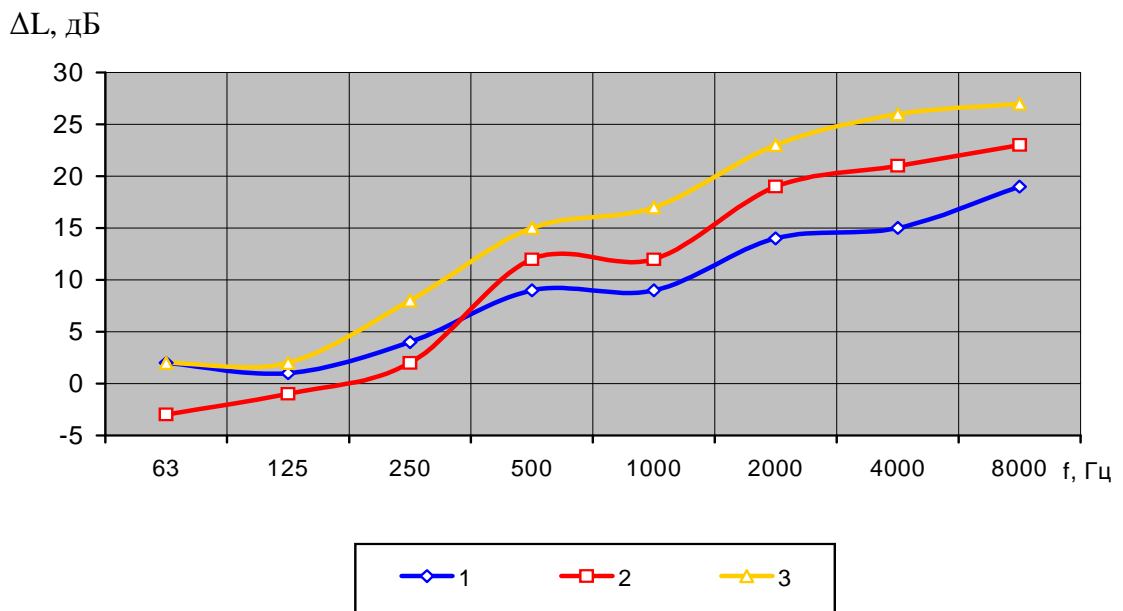


Рисунок 4.5 - Эффективность покрытий (по звуковому давлению)
для трубы $\phi 315$ мм

1 — с покрытием URSA GEO M-25 $\delta=50$ мм; 2 — с покрытием URSA GEO M-25Ф $\delta=50$ мм;
3 — с покрытием URSA GEO M-25Ф $\delta=100$ мм

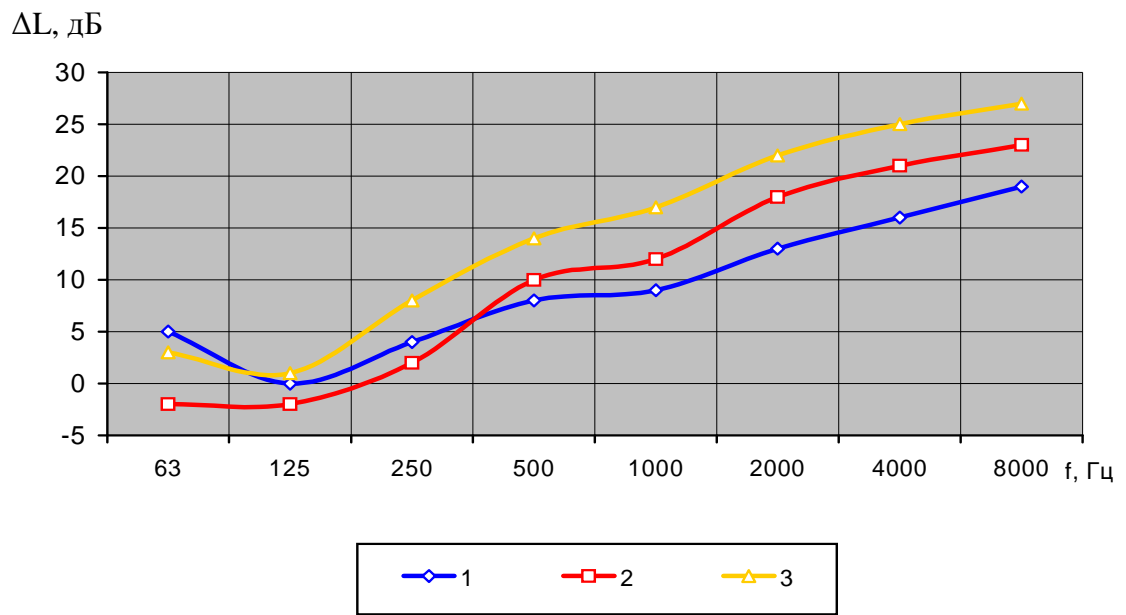


Рисунок 4.6 - Эффективность покрытий (по звуковой мощности)
для трубы $\varnothing 315$ мм

1 – с покрытием URSA GEO M-25 $\delta=50$ мм; 2 - с покрытием URSA GEO M-25Ф $\delta=50$ мм, 3 - с покрытием URSA GEO M-25Ф $\delta=100$ мм