

**МИНИСТЕРСТВО СТРОИТЕЛЬСТВА И ЖИЛИЩНО-
КОММУНАЛЬНОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
(МИНСТРОЙ РОССИИ)**

**федеральное государственное бюджетное учреждение
«НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ СТРОИТЕЛЬНОЙ
ФИЗИКИ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ АРХИТЕКТУРЫ И
СТРОИТЕЛЬНЫХ НАУК»**

«УТВЕРЖДАЮ»

Директор НИИСФ РААСН

д-р техн. наук, проф.



И.Л. Шубин

«17» января 2022 г.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

по результатам научно-технической работы на тему:

**«Исследование звукопоглощающих свойств двух конструкций с
акустическими панелями TAGinterio»**

Руководитель темы:

Сухов В.Н.

Ответственный исполнитель:

Алешкин В.М.

Москва, 2022 г.

Оглавление

Введение.....	3
1. Описание реверберационной камеры НИИСФ РААСН	3
2. Описание исследуемого материала.....	5
3. Результаты измерений	7
Заключение	12
Список литературы	13
Приложение 1. Протокол измерений времени реверберации	14

Введение

В работе представлены результаты акустических измерений коэффициентов звукопоглощения конструкций на основе декоративных перфорированных панелей «TAGinterio» марки «nano D0,2-1/D8-16x8» с лазерной перфорацией, производимых ИП Авчян Т.Г.

Измерения выполнены 17 декабря 2021 г. лабораторией №42 «Акустика залов» НИИСФ РААСН на основании договора №42310(2021) от 29.11.21 с ИП Авчян Т.Г.

1. Описание реверберационной камеры НИИСФ РААСН

Реверберационная камера НИИСФ объемом 188 м^3 и площадью ограждающих поверхностей 203 м^2 , имеет трапецеидальную форму с длиной наибольшей диагонали $I_{\max} = 13 \text{ м}$.

В момент проведения измерений температура воздуха в камере составляла $+23,5^\circ\text{C}$, расчетная скорость звука составила $345,1 \text{ м/с}$. Время реверберации в камере при отсутствии в ней испытуемых образцов звукопоглощающего материала показано на рис.3.1.

На рис.1.1 показана частотная характеристика (ЧХ) эквивалентной площади звукопоглощения (ЭПЗ) камеры без образца в $1/3$ октавных полосах частот в сравнении с ЧХ максимально допустимых значений ЭПЗ для реверберационных камер, согласно требованиям п.6.1.4 [1].

На рис.1.2 показана ЧХ отклонения ЭПЗ в $1/3$ октавных полосах относительно двух смежных $1/3$ октавных полос в сравнении с максимально допустимым отклонением $\pm 15\%$, согласно требованиям п.6.1.4 [1].

Таким образом, реверберационная камера НИИСФ РААСН соответствует требованиям п.6.1 [1].

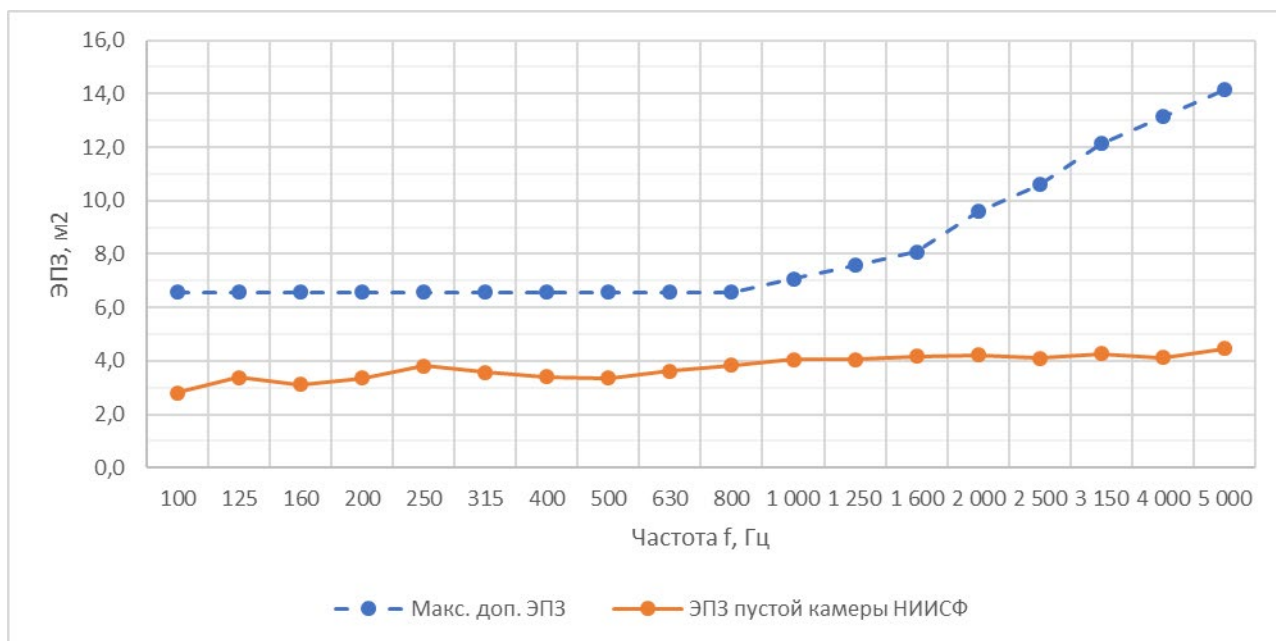


Рисунок 1.1. Частотная характеристика (ЧХ) эквивалентной площади звукопоглощения (ЭПЗ) камеры без образца в 1/3 октавных полосах частот в сравнении с ЧХ максимально допустимых значений ЭПЗ для реверберационных камер

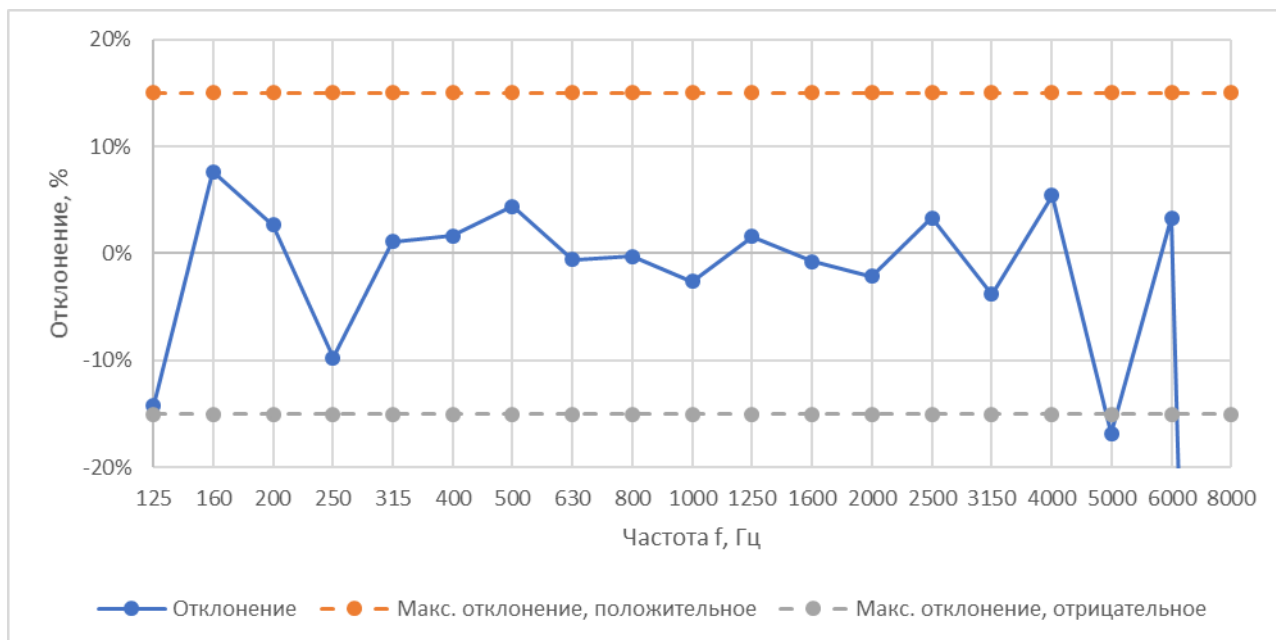


Рисунок 1.2. ЧХ отклонения ЭПЗ в 1/3 октавных полосах относительно двух смежных 1/3 октавных полос в сравнении с максимально допустимым отклонением $\pm 15\%$

2. Описание исследуемого материала

Для измерений были предоставлены образцы перфорированных панелей «TAGinterio» марки «nano D0,2-1/D8-16x8» (с лазерной перфорацией) толщиной 14 мм.

Панели испытывались в составе двух вариантов каркасной конструкции на воздушном отnose с заполнением пористо-волокнистым звукопоглотителем, как описано ниже.

Описание испытываемых конструкций:

- Конструкция №1 – панели «TAGinterio nano» толщ. 14 мм на деревянном каркасе с воздушным отnoseм 100 мм от жесткого основания, заполненного пористо-волокнистыми плитами Rockwool Акустик Баттс толщиной 50 мм, вплотную к панели.

Формула конструкции: «панель 14 мм + 50 мм минвата + 50 мм воздушный промежуток»

- Конструкция №2 – панели «TAGinterio nano» толщ. 13 мм на деревянном каркасе с воздушным отnoseм 200 мм от жесткого основания, заполненного пористо-волокнистыми плитами Rockwool Акустик Баттс толщиной 100 мм (2 слоя по 50 мм), вплотную к панели.

Формула конструкции: «панель 14 мм + 100 мм минвата + 100 мм воздушный промежуток»

Характеристики панелей, представленные Заказчиком:

Панель представляет собой основу из ГСП толщиной 13 мм со сквозными отверстиями диаметром 8 мм с шагом между центрами отверстий 16 мм в каждом направлении, со сдвигом на 8 мм (в шахматном порядке). Лицевая сторона панели полностью покрыта шпоном толщиной около 0,5 мм, в котором выполнена лазерная перфорация в виде отверстий диаметром 0,2 мм с шагом 1 мм в каждом направлении. С тыльной стороны панель покрыта воздухопроницаемым флисом. Открытая поверхность образуется в месте

пересечения мелких отверстий в шпоне и крупных отверстий в основе панели из ГСП. Поверхностная плотность панели – 10,8 кг/м².

ТУ: 23.69.11-001-0147309182-2019

Характеристики материала заполнения, представленные Заказчиком:

- негорючие пористо-волокнистые плиты из каменной ваты Rockwool Акустик Баттс, объемная плотность 35-45 кг/м³

На пол реверберационной камеры были уложены конструкции из исследуемого материала на площади 13,3 м² в виде прямоугольника 3,30 x 4,03 м, составленного из панелей, как показано на рис.2.1. Расстановка материала соответствовала требованиям [1]. Боковые части каркаса закрывались звукоотражающим материалом.



Рисунок 2.1. Фотографии конструкций с панелями «TAGinterio nano» в реверберационной камере:

- слева – Конструкция №1 («панель 14 мм + 50 мм минвата + 50 мм воздушный промежуток»);
- справа – Конструкция №2 («панель 14 мм + 100 мм минвата + 100 мм воздушный промежуток»)

3. Результаты измерений

Измерения коэффициента звукопоглощения каждого из образцов панелей проведены методом реверберационной камеры в соответствии с требованиями межгосударственного стандарта ГОСТ 31704-2011 [1] в диапазоне 1/3 октавных частотных полос со среднегеометрическими частотами 100 - 5000 Гц. ЭПЗ в 1/3 октавных полосах со среднегеометрическими частотами 6000, 8000 и 10000 Гц определялись аналогичным образом.

Измерения проводились в 6 точках для каждого из двух положений ненаправленного источника звука.

Усредненные результаты измерений времени реверберации (T_{30}) в пустой камере и в камере с образцами звукопоглощающих панелей представлены на рис.3.1.1-3.1.2 и в табл.3.1.1-3.1.2.

Результаты расчёта коэффициента звукопоглощения (КЗП) для исследованных конструкций представлены на рис.3.2.1-3.2.2 и в табл.3.1.1-3.1.2.

Значения коэффициента звукопоглощения, превышающие 1, являются следствием особенности методики его вычисления. Фактический КЗП в данных полосах частот следует принимать равным 1.

Протокол измерений времени реверберации представлен в Приложении 1.

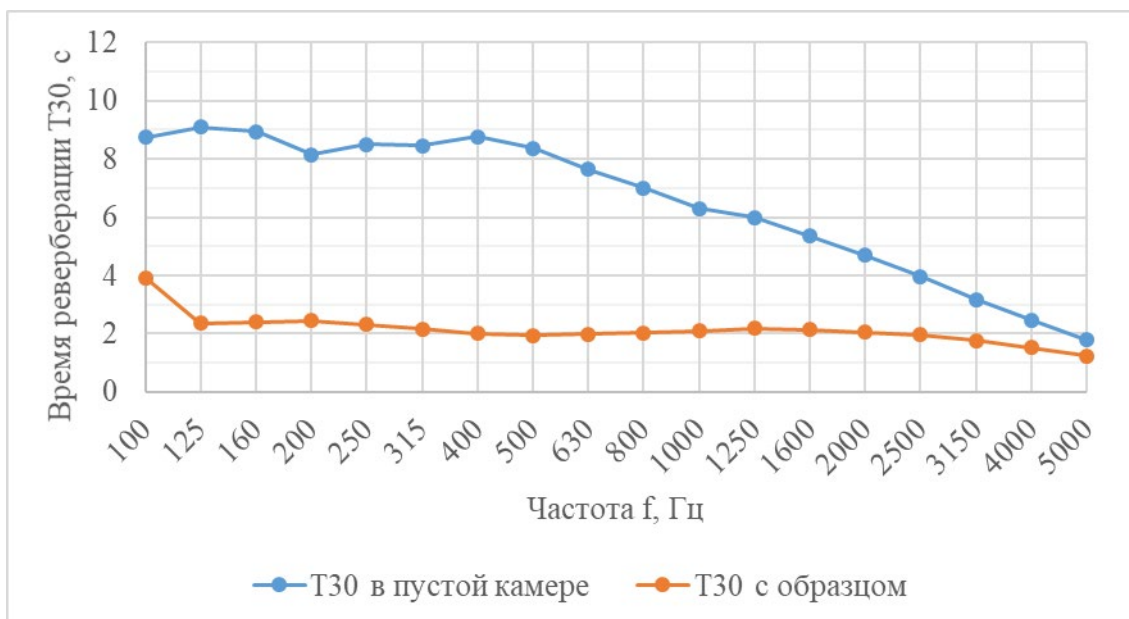


Рисунок 3.1.1. Усредненные результаты измерений времени реверберации T_{30} в пустой камере и в камере с внесенными образцами звукопоглощающего материала. Конструкция №1 – относ 100 мм с заполнением 50 мм минватой

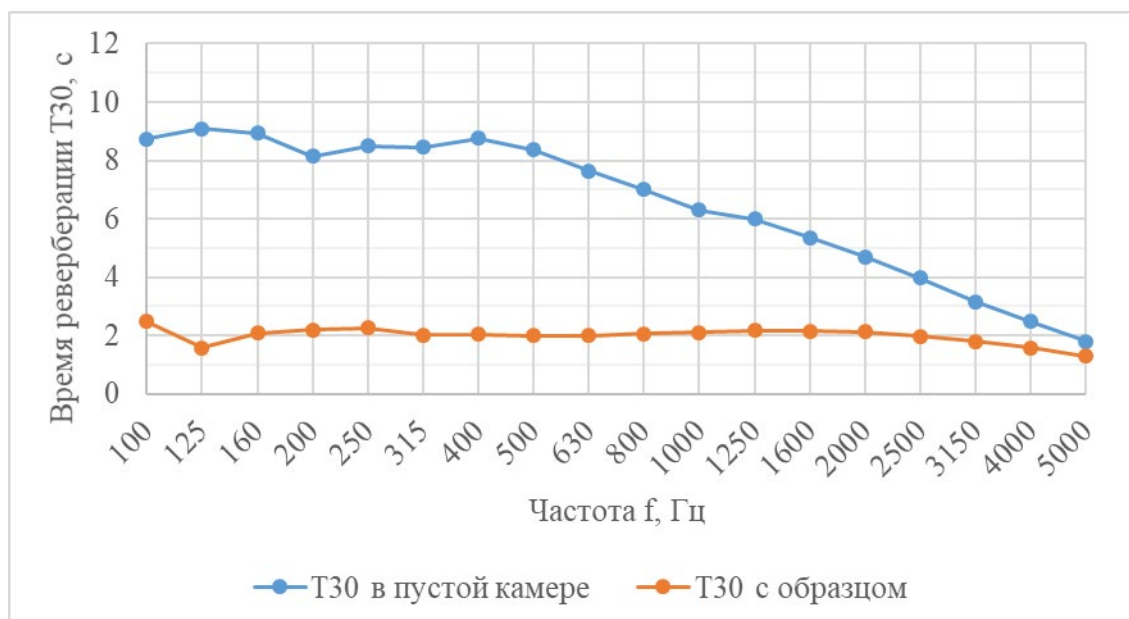


Рисунок 3.1.2. Усредненные результаты измерений времени реверберации T_{30} в пустой камере и в камере с внесенными образцами звукопоглощающего материала (Конструкция №2 – относ 200 мм с заполнением 100 мм минватой)

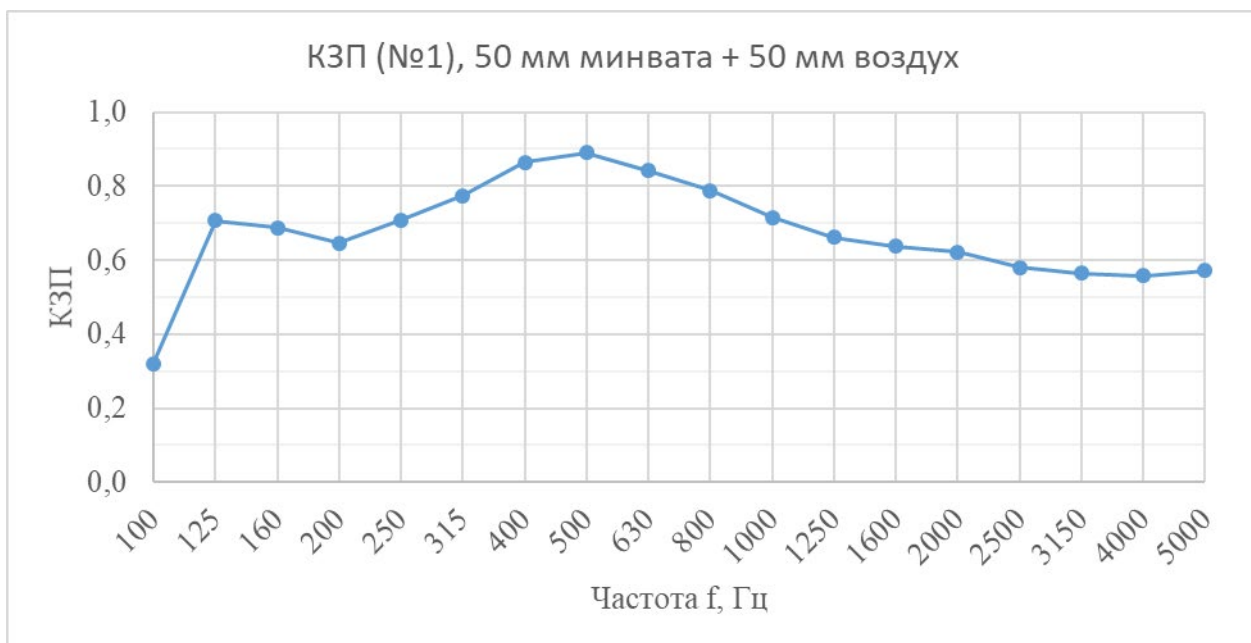


Рисунок 3.2.1. Результаты расчета коэффициентов звукопоглощения в 1/3-октавных частотных полосах (Конструкция №1 – относ. 100 мм с заполнением 50 мм минватой)

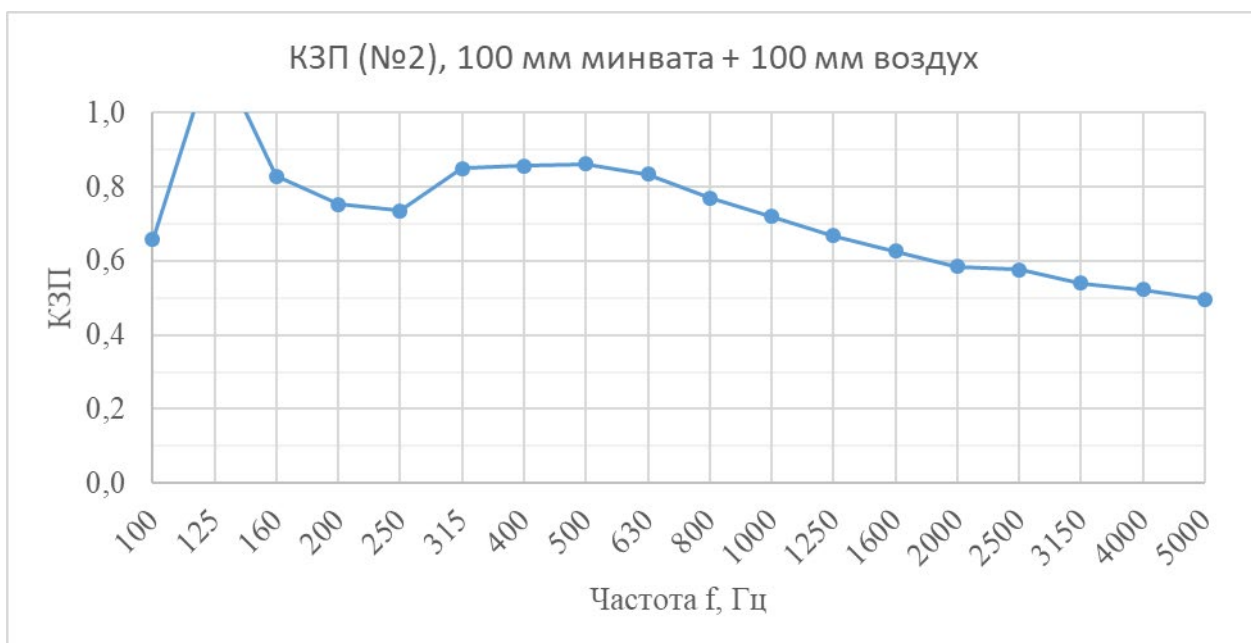


Рисунок 3.2.2. Результаты расчета коэффициентов звукопоглощения в 1/3-октавных частотных полосах (Конструкция №2 – относ. 200 мм с заполнением 100 мм минватой)

Таблица 3.1.1. Результаты измерений времени реверберации Т30 и расчета КЗП образца. Конструкция №1 – воздушный относ 100 мм с заполнением 50 мм минватой

Параметра	Исследуемый параметр в 1/3 октавных частотных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц									
	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800
Реверберация Т30, с, в пустой камере	8,73	9,10	8,94	8,15	8,51	8,45	8,76	8,36	7,64	7,00
Реверберация Т30, с, в камере с образцом (№1)	3,92	2,37	2,41	2,45	2,33	2,17	2,02	1,95	1,99	2,04
ЭПЗ образца (№1), м²	4,24	9,39	9,15	8,60	9,41	10,29	11,51	11,84	11,19	10,48
КЗП образца (№1 – относ 100 мм с заполнением 50 мм минватой)	0,32	0,71	0,69	0,65	0,71	0,77	0,87	0,89	0,84	0,79

Параметр	Исследуемый параметр в 1/3 октавных частотных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц										
	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000	6000	8000	10000
Реверберация Т30, с, в пустой камере	6,30	6,00	5,36	4,69	3,96	3,17	2,47	1,80	1,37	0,98	0,75
Реверберация Т30, с, в камере с образцом (№1)	2,11	2,18	2,14	2,05	1,97	1,77	1,54	1,24	1,03	0,78	0,64
ЭПЗ образца (№1), м²	9,52	8,79	8,47	8,27	7,71	7,51	7,42	7,61	7,33	7,64	7,05
КЗП образца (№1 – относ 100 мм с заполнением 50 мм минватой)	0,72	0,66	0,64	0,62	0,58	0,56	0,56	0,57	0,55	0,57	0,53

Таблица 3.1.2. Результаты измерений времени реверберации Т30 и расчета КЗП конструкции. Конструкция №2 – воздушный откос 200 мм с заполнением 100 мм минватой

Параметр	Исследуемый параметр в 1/3 октавных частотных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц									
	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800
Реверберация Т30, с, в пустой камере	8,73	9,10	8,94	8,15	8,51	8,45	8,76	8,36	7,64	7,00
Реверберация Т30, с, в камере с образцом (№2)	2,47	1,58	2,09	2,20	2,26	2,03	2,03	2,00	2,00	2,07
ЭПЗ образца (№2), м²	8,74	15,71	11,04	10,01	9,79	11,31	11,39	11,47	11,10	10,26
КЗП образца (№2 – откос 200 мм с заполнением 100 мм минватой)	0,66	1,18*	0,83	0,75	0,74	0,85	0,86	0,86	0,83	0,77

* в полосе 125 Гц КЗП принимается равным 1,00 (значения >1 связаны с особенностями методики расчета КЗП)

Параметр	Исследуемый параметр в 1/3 октавных частотных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц										
	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000	6000	8000	10000
Реверберация Т30, с, в пустой камере	6,30	6,00	5,36	4,69	3,96	3,17	2,47	1,80	1,37	0,98	0,75
Реверберация Т30, с, в камере с образцом (№2)	2,10	2,17	2,16	2,12	1,97	1,81	1,58	1,29	1,08	0,83	0,67
ЭПЗ образца (№2), м²	9,59	8,88	8,34	7,77	7,67	7,18	6,94	6,62	5,77	5,70	4,66
КЗП образца (№2 – откос 200 мм с заполнением 100 мм минватой)	0,72	0,67	0,63	0,58	0,58	0,54	0,52	0,50	0,43	0,43	0,35

Заключение

По результатам проведенных измерений получены показатели реверберационных коэффициентов звукопоглощения для конструкций на основе перфорированных акустических панелей “TAGinterio nano” на каркасе в двух вариантах воздушного отнosa с заполнением минватой.

Индекс звукопоглощения испытанных конструкций составил:

- Конструкция №1 (воздушный относ 100 мм, заполненный на 50 мм минватой):

$$\alpha_w = 0,65 (L);$$

- Конструкция №2 (воздушный относ 200 мм, заполненный на 100 мм минватой):

$$\alpha_w = 0,65 (L).$$

Оба типа панелей можно отнести к классу звукопоглощения «В» согласно стандарту [2].

По показателям звукопоглощения оба типа испытанных звукопоглощающих конструкций на основе акустических панелей “TAGinterio nano” рекомендуются для применения в строительстве в конструкциях звукопоглощающих облицовок для снижения времени реверберации и уровня шума в помещениях, а также для применения в помещениях со специальными требованиями к акустическим характеристикам.

Список литературы

1. Межгосударственный стандарт ГОСТ 31704-2011 (EN ISO 354:2003) «Материалы звукопоглощающие. Метод измерения звукопоглощения в реверберационной камере», Москва, Стандартинформ, 2014;
2. Межгосударственный стандарт ГОСТ 23499-2009 «Материалы и изделия звукоизоляционные и звукопоглощающие строительные. Общие технические условия», МНТКС, 2010

Приложение 1. Протокол измерений времени реверберации

Таблица П1.1. Результаты измерения времени реверберации T30 в пустой камере

Номер точки и положение источника	Время реверберации T30, с, 1/3 октавных частотных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц									
	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800
M0001_S01_R03.etm	6,7	9,05	6,64	8,84	7,8	8,6	8,86	8,47	7,82	6,97
M0001_S01_R01.etm	7,93	6,28	8,4	8,2	9,13	8,22	8,42	8,43	7,61	7,01
M0001_S01_R02.etm	8,28	9,93	9,24	8,88	8,31	8,05	8,37	8,44	7,54	7,12
M0001_S01_R06.etm	10,81	9,08	10,11	8,25	8,34	7,93	9,16	8,22	7,77	6,95
M0001_S01_R04.etm	8,93	10,53	10,04	8,79	8,27	8,33	8,48	8,23	7,7	7,29
M0001_S01_R05.etm	8,64	12,41	7,75	8,62	7,75	8,72	8,41	8,15	7,65	6,97
M0001_S02_R03.etm	8,06	10,18	9,36	8,89	8,28	8,81	9,14	8,47	7,63	7,15
M0001_S02_R01.etm	9,28	10,4	8,49	7,89	9,01	8,7	8,54	8,47	7,7	6,82
M0001_S02_R02.etm	9,26	8,74	9,15	7,79	8,04	9,18	9,1	8,16	7,7	6,88
M0001_S02_R06.etm	10,91	8,2	9,9	6,4	8,74	8	8,76	8,71	7,96	6,96
M0001_S02_R04.etm	8,54	6,74	10,74	9,45	10,35	8,68	9,21	8,16	7,41	7,1
M0001_S02_R05.etm	7,41	7,63	7,44	5,8	8,06	8,16	8,66	8,39	7,2	6,78

Продолжение таблицы П1.1

Номер точки и положение источника	Время реверберации T30, с, 1/3 октавных частотных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц										
	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000	6000	8000	10000
M0001_S01_R03.etm	6,33	6,01	5,46	4,67	4,05	3,18	2,51	1,81	1,41	0,95	0,75
M0001_S01_R01.etm	6,12	6,17	5,43	4,72	4	3,1	2,49	1,82	1,35	0,97	0,75
M0001_S01_R02.etm	6,25	5,99	5,48	4,67	3,98	3,22	2,44	1,8	1,36	1,07	0,76
M0001_S01_R06.etm	6,41	6,19	5,35	4,73	4	3,25	2,47	1,83	1,45	1,01	0,83
M0001_S01_R04.etm	6,35	5,95	5,19	4,76	4	3,18	2,47	1,84	1,37	0,97	0,75
M0001_S01_R05.etm	6,41	5,95	5,22	4,67	3,89	3,17	2,48	1,81	1,34	0,97	0,76
M0001_S02_R03.etm	6,16	6,03	5,28	4,71	3,9	3,16	2,46	1,77	1,37	0,97	0,72
M0001_S02_R01.etm	6,33	6,05	5,32	4,66	3,89	3,11	2,46	1,76	1,33	0,97	0,73
M0001_S02_R02.etm	6,27	5,94	5,35	4,6	3,92	3,12	2,44	1,77	1,36	0,97	0,73
M0001_S02_R06.etm	6,45	5,82	5,3	4,68	3,98	3,12	2,47	1,78	1,37	0,95	0,74
M0001_S02_R04.etm	6,34	5,92	5,47	4,71	3,99	3,18	2,51	1,82	1,33	0,94	0,76
M0001_S02_R05.etm	6,21	5,94	5,48	4,71	3,97	3,21	2,47	1,79	1,35	0,99	0,74

Таблица П1.2. Результаты измерения времени реверберации T30 в камере с внесенным образцом (Конструкция №1)

Номер точки и положение источника	Время реверберации T30, с, 1/3 октавных частотных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц									
	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800
M0001_S01_R03.etm	3,67	2,59	2,24	2,28	2,51	2,36	1,86	1,84	1,93	2,06
M0001_S01_R01.etm	4,34	2,61	2,23	2,56	2,26	2,26	1,79	1,97	1,96	2,03
M0001_S01_R02.etm	4,66	2,35	2,35	1,99	2,41	2,2	2,01	1,96	2,02	2,07
M0001_S01_R06.etm	3,05	1,99	2,32	1,98	2,32	2,04	1,98	2	1,89	2,13
M0001_S01_R04.etm	3,92	2,18	1,88	2,61	2,18	2,25	2,1	1,89	1,94	1,94
M0001_S01_R05.etm	4,13	1,95	1,8	2,45	2	1,84	2,11	1,96	1,94	1,88
M0001_S02_R03.etm	3,97	2,67	3,04	2,73	2,32	1,87	2,22	1,95	1,91	2
M0001_S02_R01.etm	4,6	2,13	2,3	2,39	2,38	2,13	2,08	1,92	1,89	2,08
M0001_S02_R02.etm	3,2	2,56	2,5	2,65	2,75	2,11	1,88	1,94	2,17	2,01
M0001_S02_R06.etm	3,32	2,31	2,83	2,32	2,39	2,04	2,12	2,03	1,99	2,17
M0001_S02_R04.etm	4,38	2,51	2,91	2,72	2,33	2,56	2,11	1,94	2,08	2,06
M0001_S02_R05.etm	3,79	2,61	2,47	2,73	2,06	2,43	1,93	2	2,17	2,03

Продолжение таблицы П1.2

Номер точки и положение источника	Время реверберации T30, с, 1/3 октавных частотных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц										
	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000	6000	8000	10000
M0001_S01_R03.etm	2,18	2,19	2,1	2,08	1,96	1,75	1,56	1,26	1	0,75	0,63
M0001_S01_R01.etm	2,06	2,16	2,06	2,04	1,9	1,69	1,53	1,26	1,01	0,77	0,66
M0001_S01_R02.etm	2,11	2,12	2,07	2,08	1,98	1,75	1,57	1,25	1,02	0,77	0,63
M0001_S01_R06.etm	2,21	2,13	2,15	2,05	1,96	1,77	1,51	1,2	1,01	0,78	0,64
M0001_S01_R04.etm	2,02	2,17	2,05	2,01	2	1,77	1,51	1,22	1,02	0,78	0,61
M0001_S01_R05.etm	2,17	2,12	2,12	2,02	1,98	1,75	1,53	1,2	1,01	0,77	0,62
M0001_S02_R03.etm	2,14	2,2	2,14	2,02	1,97	1,81	1,51	1,26	1,03	0,79	0,66
M0001_S02_R01.etm	2,16	2,32	2,17	2,01	2,02	1,75	1,57	1,24	1,03	0,79	0,63
M0001_S02_R02.etm	2,13	2,17	2,18	2,02	1,94	1,84	1,46	1,25	1	0,8	0,63
M0001_S02_R06.etm	2,05	2,09	2,22	2,06	2	1,8	1,56	1,24	1,05	0,78	0,66
M0001_S02_R04.etm	2	2,25	2,2	2,13	1,96	1,75	1,56	1,23	1,06	0,79	0,65
M0001_S02_R05.etm	2,05	2,25	2,2	2,09	1,94	1,81	1,57	1,24	1,06	0,83	0,65

Таблица П1.3. Результаты измерения времени реверберации T30 в камере с внесенным образцом (Конструкция №2)

Номер точки и положение источника	Время реверберации T30, с, 1/3 октавных частотных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц									
	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800
M0001_S01_R03.etm	2,17	1,62	2,11	1,79	2,12	2,03	2,01	1,99	1,98	2
M0001_S01_R01.etm	2,63	1,7	2,06	2,32	2,35	2,02	2,14	1,96	1,97	1,89
M0001_S01_R02.etm	2,43	1,72	1,5	1,73	2,23	2,11	1,85	2,03	2,01	2,06
M0001_S01_R06.etm	2,08	1,82	2,13	1,9	2,23	1,96	1,93	1,97	1,89	2,05
M0001_S01_R04.etm	2,73	1,41	1,97	2,21	2,3	1,94	1,98	2,01	1,94	2,05
M0001_S01_R05.etm	2,91	1,27	2,42	1,86	1,91	1,85	1,93	1,8	1,98	2,03
M0001_S02_R03.etm	1,8	1,72	2,38	2,65	2,18	2,04	2,05	1,95	2,03	1,98
M0001_S02_R01.etm	2,4	1,56	2,06	2,11	2,5	1,92	2,1	2,12	2,06	2,69
M0001_S02_R02.etm	2,68	1,69	1,71	2,86	2,37	2,22	2,1	2,15	2,18	1,93
M0001_S02_R06.etm	2,63	1,4	2,52	1,69	2,79	2,1	1,95	1,99	1,99	2,14
M0001_S02_R04.etm	2,53	1,62	2,09	2,72	2,04	2,19	2,16	1,99	2,02	2,05
M0001_S02_R05.etm	2,66	1,48	2,14	2,54	2,09	1,92	2,18	2,02	1,99	1,96

Продолжение таблицы П1.2

Номер точки и положение источника	Время реверберации T30, с, 1/3 октавных частотных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц										
	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000	6000	8000	10000
M0001_S01_R03.etm	2,09	2,15	2,16	2,11	1,92	1,79	1,58	1,32	1,09	0,84	0,66
M0001_S01_R01.etm	2,09	2,18	2,18	2,08	2,02	1,86	1,6	1,3	1,05	0,81	0,66
M0001_S01_R02.etm	2,06	2,13	2,17	2,15	2,04	1,81	1,61	1,29	1,1	0,84	0,67
M0001_S01_R06.etm	2,1	2,17	2,16	2,09	1,94	1,81	1,55	1,28	1,07	0,81	0,68
M0001_S01_R04.etm	2,04	2,18	2,17	2,08	2,01	1,82	1,6	1,29	1,06	0,82	0,66
M0001_S01_R05.etm	2,12	2,19	2,16	2,1	2,01	1,79	1,55	1,28	1,07	0,82	0,67
M0001_S02_R03.etm	2,16	2,19	2,15	2,14	2	1,8	1,59	1,27	1,05	0,82	0,67
M0001_S02_R01.etm	2,07	2,2	2,03	2,43	1,77	1,77	1,54	1,34	1,25	0,81	0,7
M0001_S02_R02.etm	2,03	2,18	2,19	2,1	2	1,79	1,53	1,3	1,06	0,83	0,69
M0001_S02_R06.etm	2,17	2,12	2,26	2,05	1,98	1,8	1,58	1,26	1,04	0,83	0,66
M0001_S02_R04.etm	2,19	2,15	2,17	2,04	2,01	1,83	1,58	1,28	1,08	0,84	0,67
M0001_S02_R05.etm	2,04	2,16	2,1	2,1	1,97	1,79	1,59	1,27	1,07	0,83	0,69