

Радоуцкий В.Ю., канд. техн. наук, проф.,
Ветрова Ю.В., канд. техн. наук, доц.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ЗВУКОИЗОЛИРУЮЩЕЙ СПОСОБНОСТИ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫХ ПЛИТ НА ОСНОВЕ ПЕНОСТЕКЛА

zchs@intbel.ru

В статье приведены результаты теоретических расчетов звукоизоляции теплоизоляционных плит (пеностекла) и результаты экспериментальных исследований этих плит на акустическом стенде и в составе звукоизолирующих кожухов. Результаты исследований позволяют использовать теплоизоляционные плиты на основе пеностекла в качестве звукопоглощающих облицовок поверхностей производственных помещений или использовать в качестве звукопоглощающего слоя звукоизолирующих акустических экранов со стороны источника шума.

Ключевые слова: акустика, звукоизоляция, пеностекло, кожух, коэффициент звукопоглощения, ревербационный коэффициент.

Введение. Одним из важнейших свойств строительных материалов является их звукоизолирующая способность. Под звукоизолирующей способностью понимают снижение уровня шума после прохождения его через преграду.

Звукоизолирующая способность ограждения (дБ) от воздушного шума в общем виде определяется по формуле [1].

$$R = 10 \lg \left(\frac{1}{\tau} \right) \quad (1)$$

где τ – коэффициент звукопроницаемости, представляющий собой отношение звуковой энергии, прошедшей через ограждение, к величине звуковой энергии падающей на него.

Новые строительные материалы, внедряемые в области промышленного и гражданского строительства, обладают, как правило, улучшенными строительными-физическими свойствами. Одним из важнейших свойств теплоизоляционных плит является низкая (150...250) кг/м³ плотность, что придает им уникальные свойства [2].

Однослойные звукоизолирующие ограждения вследствие своей простоты и доступности имеют наибольшее распространение в практике борьбы с шумом.

Как показывают натурные измерения звукоизоляции, между расчетными и измеренными частотными характеристиками звукоизоляции однослойных ограждений из различных материалов зачастую имеются значительные расхождения [3].

Это объясняется недостаточным учетом при расчете всех факторов, влияющих на звукоизоляцию: косвенных путей распространения шума; характеристик потерь; условий закрепления и жесткости; резонансных эффектов; функций корреляции звукового давления и т.д.

Учет всех указанных факторов или даже некоторых из них значительно усложняет инженерный расчет звукоизоляции.

Цель работы – провести теоретические расчеты и экспериментальные исследования образцов теплоизоляционного материала (пеностекла) на звукоизолирующую способность.

Методология. В процессе работы был использован системный подход, включающий теоретические исследования и методы планирования и обработки результатов эксперимента.

Основная часть. Для проведения экспериментальных исследований было использовано пеностекло, созданное учеными БГТУ им. В.Г. Шухова, на основе дополнительного введения в состав готовой шихты карбонатной крупки, что позволяет создать в массиве пеностекла дополнительную систему пор эллипсной формы [4]. Средняя звукоизолирующая способность ограждения R (дБ) на частоте 500 Гц для ограждения со средней поверхностной плотностью до 200 кг/м² может быть определена по формуле [5]:

$$R = 13,5 \lg m + 13 \quad (2)$$

где m – средняя поверхностная плотность ограждения кг/м².

Для теплоизоляционных плит (со средней плотностью 200 кг/м³) средняя поверхностная плотность при толщине 10, 20 мм составит 2, 4 кг/м² соответственно.

Для определения частотной характеристики звукоизолирующей способности ограждений в диапазоне частот от 125 до 4000 Гц необходимо к полученным по формуле (2) значениям прибавить следующие добавки [6]:

Частота, Гц	125	250	500	1000	2000	4000
Поправка (дБ)	-8	-4	0	4	8	12

Теоретические расчеты звукоизолирующей способности плит в диапазоне частот от 125 до

4000 Гц с учетом поправки приведены в табл. 1.

Таблица 1

Результаты теоретических расчетов звукоизоляции пеностекла

Толщина плиты, (мм)	Средняя поверхностная плотность, кг/м ²	Снижение уровня звукового давления в октавных полосах на среднегеометрических частотах (дБ)					
		125	250	500	1000	2000	4000
10	2	9	13	17	21	25	29
20	4	13	17	21	25	29	33

Исследования проводились на акустическом стенде, представляющим собой бетонные заглушенные камеры между которыми герметично закрепляли образец пеностекла. Образец пеностекла помещали в проем между камерой высокого уровня с источником звука и камерой низкого уровня, где находился измерительный микрофон. В качестве источника шума использовался генератор звуковых сигналов ГС-33. Измерение величин уровней звукового давления производили измерителем шума и вибрации ВШВ – 003 – МЗ № 565 в диапазоне частот 63...8000 Гц.

Результаты экспериментальных испытаний ограждения из плит, толщиной 10 и 20 мм в диапазоне частот 63...4000 Гц приведены в табл. 2.

Сравнивая полученные результаты плит со звукоизоляцией однослойных ограждений можно сделать вывод, что звукоизолирующая способность выпускаемых плит составляет от 15 до 28 дБ на среднегеометрических частотах 63...8000 Гц и эти плиты могут использоваться для звукоизоляции промышленных зданий и сооружений наряду с теплоизоляцией.

Таблица 2

Результаты экспериментальных испытаний теплоизоляционных плит

Толщина плиты, (мм)	Средняя поверхностная плотность, кг/м ²	Снижение уровня звукового давления среднегеометрических частотах (Гц) в (дБ)						
		63	125	250	500	1000	2000	4000
10	2	12	14	14	16	20	24	25
20	4	15	16	16	19	24	26	28

Результаты экспериментальных испытаний в сравнении с расчетными величинами плиты толщиной 10 мм приведены на рис. 1. Таким образом, выпускаемые теплоизоляционные плиты могут с успехом использоваться как для теплоизоляции, так и для звукоизоляции зданий и сооружений.

Для исследований звукоизолирующей способности теплоизоляционных плит использовалась также экспериментальная установка, состоящая из модели рабочего помещения. Внутри помещения установлен источник шума – электродвигатель и микрофон измерителя шума и вибраций.

Для измерения уровня звукового давления применялся измеритель шума и вибраций ВШВ – 003 – МЗ. В комплект экспериментальной установки входил также набор кожухов, внутренние поверхности которых облицованы различными строительными материалами, которыми укрывается источник шума при исследовании эффективности звукоизоляции. Структурная схема экспериментальной установки представлена на рис. 2.

Характеристика звукоизолирующих кожухов представлена в табл. 3.

Для проверки звукоизолирующих свойств теплоизоляционных плит использовался кожух,

облицованный с внутренней стороны этими плитами толщиной 30 мм, с коэффициентом звукопоглощения от 0,2 до 0,9 на среднегеометрических частотах 63...8000 Гц.

Требуемая звукоизоляция воздушного шума стенками кожуха в октавных полосах частот определялась по формуле [СНиП II-12-77]:

$$R_{тр} = L - L_{доп} - 10 \lg \alpha_{обл} + 5 \text{дБ} \quad (3)$$

где L – октавный уровень звукового давления, полученный по результатам измерений, дБ; $L_{доп}$ – допустимый октавный уровень звукового давления на рабочих местах (по ГОСТ 12.1.003-83), дБ; $\alpha_{обл}$ – реверберационный коэффициент звукопоглощения внутренней облицовки кожуха, определяемый по табл. 1, приложения 2 СНиП II-12-77.

Результаты лабораторных испытаний кожухов №1, №2 и кожуха с использованием пеностекла представлены в табл. 5 и рис. 3.

Анализируя результаты экспериментальных испытаний кожухов с различными звукопоглощающими материалами можно сделать вывод, что действительная звукоизоляция кожухов на всех частотах спектра больше, чем требуемая звукоизоляция $R_{тр}$ для кожухов №1 и №2.

Звукоизолирующая способность пеностекла при использовании его в составе кожуха составляет от 17 до 45 дБ.

Расчет требуемой звукоизоляции кожуха представлен в табл. 4.

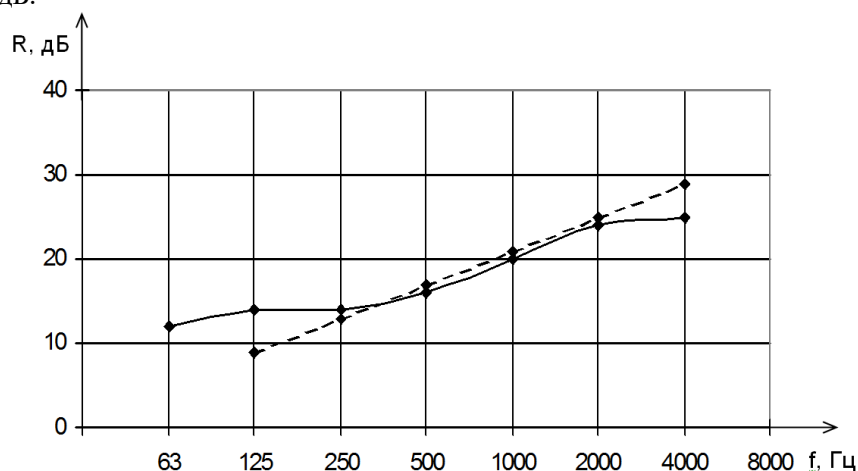


Рис. 1. Расчетные и измеренные значения звукоизоляции теплоизоляционных плит
 - - - - - расчетные значения; — — — — — измеренные значения

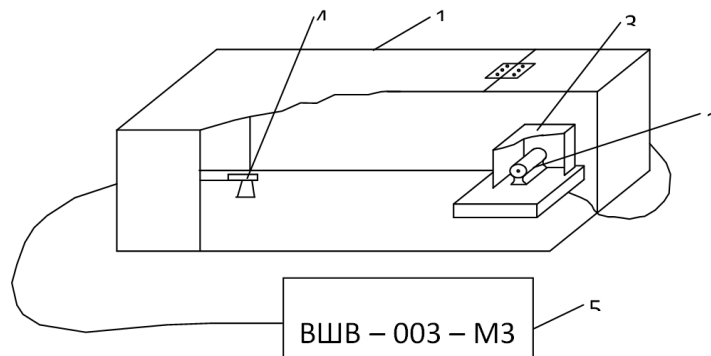


Рис. 2. Структурная схема экспериментальной установки
 1 – модель рабочего помещения; 2 – электродвигатель; 3 – защитный кожух; 4 – измерительный микрофон; 5 – измеритель шума и вибрации – ВШВ – 003 – М3

Таблица 3

Характеристика звукоизолирующих кожухов

Номер кожуха	Облицовка внутренней поверхности кожуха	Реввербационный коэффициент звукопоглощения αобл в октавных полосах со среднегеометрической частотой, Гц							
		63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Кожух 1	Плиты марки ПА/О, минераловатные акустические с несвзвонной перфорацией	0,02	0,03	0,17	0,68	0,98	0,86	0,45	0,2
Кожух 2	Плиты из супертонкого стекловолкна (ТУ 01-224-69) с оболочками из стеклоткани	0,1	0,4	0,85	0,98	1,0	0,93	0,97	1,0

Таблица 4

Последовательность расчета

Среднегеометрические частоты октавных полос, Гц	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
L, дБ, по результатам измерений	98	92	94	98	92	96	95	90
Lдоп. по ГОСТ 12.1.003-83	99	92	86	83	80	78	76	74
α1 (кожух 1)	0,02	0,03	0,17	0,68	0,98	0,86	0,45	0,2
α2 (кожух 2)	0,1	0,4	0,85	0,98	1,0	0,93	0,97	1,0
10lg α1	-16,9	-15,2	-7,6	-1,6	-0,08	-0,6	-3,4	-6,9
10lg α2	-10	-3,9	-0,7	-0,08	0	-0,3	-0,13	0
RTP1	20,9	20,2	20,6	21,6	17,1	23,6	27,4	28
RTP2	14	9	14	20	17	23	24	24

Звукоизолирующая способность кожухов

Звукоизоляция	Уровни звукового давления, дБ, в октавных полосах частот со среднегеометрическими частотами, Гц							
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Без кожуха	98	92	94	98	92	96	95	90
Кожух №1	84	77	77	76	66	72	71	70
Кожух №2	83	73	71	71	61	61	56	59
Кожух с облицовкой пеностеклом	81	73	70	70	59	56	55	55

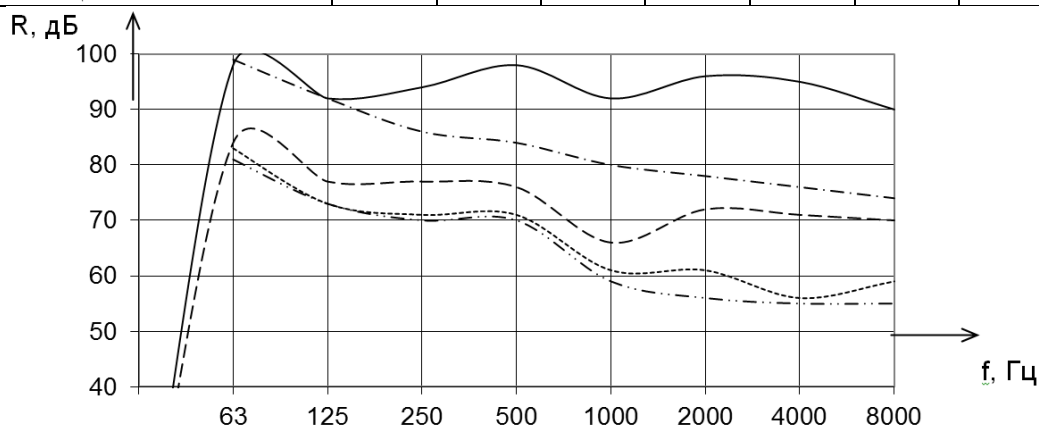


Рис. 3. Результаты экспериментальных испытаний кожухов:

— уровень звукового давления без кожуха; ---- уровень звукового давления с кожухом №1;
 - - - - - уровень звукового давления с кожухом №2; - · - · - · - уровень звукового давления кожуха с облицовкой пеностеклом; - · - · - · - допустимый уровень звукового давления

Вывод. Таким образом испытываемое пеностекло обладает достаточным ревербационным коэффициентом звукопоглощения в области частот 63...8000 Гц (от 0,2 до 0,9), что позволяет использовать его для применения в качестве звукопоглощающих облицовок поверхностей производственных помещений или использовать в качестве звукопоглощающего слоя акустических экранов со стороны источника шума.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Тимофеенко Л.П., Усок В.Ф. Снижение шума на промышленных предприятиях. Киев. Техника. 1980. 143 с.
2. Радоуцкий В.Ю. Сравнительный анализ оптимальных параметров акустических материалов различного состава / Образование, наука, производство и управление в XXI веке // Материалы Международной научной конференции. Старый Оскол, 2004. С. 198-200.

3. Акустика. Справочник / под. общ. ред. М.А. Сапожкова. М.: Радио и связь. 1989. 157 с.

4. Шутов А.И., Мосьпан В.И., Воля П.А. Пеностекло как эффективный звукоизолирующий материал // Международный конгресс «Современные технологии в промышленности строительных материалов» / Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2003. №6. С. 57-61.

5. Радоуцкий В.Ю., Шаптала В.Г., Окунева Г.А. Исследование звукоизолирующих свойств строительных материалов и конструкций на основе пеностекла // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2008. №4. С. 28-30.

6. Заборов В.И. Теория звукоизоляции ограждающих конструкций. М.: Стройиздат.

Radoutskyy V.Yu., Vetrova Yu.V.

THEORETICAL AND EXPERIMENTAL RESOURCES SOUND-INSULATING OF ABILITIES OF HEAT-INSULATED PLATES ON THE BASIS OF FOAMED GLASS

In the article the results of theoretical calculations of sound proofing of heat insulating plates (foamglass) and the results of experimental researches of these plates on acoustic stand and consisting of sound proofing casings that allows to use heat insulating plates on the basis of foamglass as sound-absorbing revetments of surfaces of shopfloors or to use as sound-absorbing layer of sound proofing acoustic screens from sides of noise source are given.

Key words: acoustics, sound proofing, foamglass, casing, coefficient of sound absorption, reverbatory coefficient.