

УДК 699.844.3

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОТНОСИТЕЛЬНОГО КОЭФФИЦИЕНТА ЭФФЕКТИВНОСТИ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ШУМОИЗОЛЯЦИИ

¹Афонин К.В., ²Афонина О.А., ¹Жилина Т.С.

¹ФГБОУ ВО «Тюменский индустриальный университет», Тюмень, e-mail: ts-z@yandex.ru;

²ООО ПК «АТОМ», Тюмень, e-mail: lesik-79@mail.ru

Настоящая статья посвящена исследованию шумоизоляционных материалов, представленных на строительном рынке Тюменской области. Авторами рассмотрены задачи звукоизоляции и принципы действия звукоизоляционных материалов. Рассмотрена проблема влияния шума на организм человека. Приведены предельно допустимые дозы шумов в зависимости от продолжительности воздействия. Рассмотрены принципы действия различных материалов для защиты от шума в помещениях. Произведен обзор материалов, которые используются для изоляции ударного и воздушного шумов. Представлены характеристики материалов для защиты от воздействия шума. Рассмотрены примеры прокладочных и шумоизоляционных материалов, используемых при строительстве объектов в Тюменской области. Произведено сравнение технических показателей и стоимости материалов для изоляции шума. Рассчитан относительный коэффициент эффективности шумоизоляционного материала. Сделан вывод о возможности подбора оптимального варианта материала по стоимости и техническим показателям для шумоизоляции.

Ключевые слова: шум, шумоизоляция, материал для изоляции шума, звукоизолирующая способность, относительный коэффициент эффективности материала

DETERMINATION OF RELATIVE EFFECTIVENESS FACTOR FOR NOISE INSULATION MATERIALS

¹Afonin K.V., ²Afonina O.A., ¹Zhilina T.S.

¹Tyumen Industrial University, Tyumen, e-mail: ts-z@yandex.ru;

²LLC «Atom», Tyumen, e-mail: lesik-79@mail.ru

This article is dedicated to the study of awareness materials on the construction market of Tyumen region. The authors considered the objectives and principles of sound insulation materials. The problem of the impact of noise on the human body. Shows the maximum allowable noise dose depending on the duration of exposure. The principles of action of various materials for protection against noise in the premises. Review the materials, which are used to isolate the shock and air noise. Are the characteristics of materials for protection against noise exposure examples of cushioning and awareness materials used in the construction of the Tyumen region. Was comparison of technical indicators and the cost of materials for noise isolation. Calculated relative efficiency noise-insulated material. Concluded that the selection of optimal material and technical screening.

Keywords: noise, noise insulation material, soundproofing ability, relative efficiency material

С вопросами борьбы с шумом сегодня приходится сталкиваться инженерам буквально всех специальностей и особенно в областях жилищного строительства.

В современных городских квартирах самым актуальным является вопрос тишины и комфорта. Шум оказывает вредное влияние на организм человека, поэтому особенно важно заранее принимать соответствующие меры защиты от шума. Предпочтение следует отдать мерам на стадии проектирования, а не когда шум уже производится.

Борьба с шумом – это сложная комплексная, требующая больших усилий и средств проблема. Источники шума весьма разнообразны и нет единого способа и метода борьбы с ними. Тем не менее шумоизоляция квартир в многоэтажных зданиях – это очень важное и необходимое условие комфортного проживания человека.

По данным исследователей, «шумовое загрязнение», характерное сейчас для больших городов, сокращает продолжи-

тельность жизни их жителей на 10–12 лет. Негативное влияние на человека от шума мегаполиса на 36% более значимо, чем от курения табака, которое сокращает жизнь человека в среднем на 6–8 лет. При воздействии на человека шумов имеют значение уровень, характер, спектральный состав, продолжительность действия и индивидуальность чувствительности. В настоящее время доказано, что шум – это общебиологический раздражитель, то есть он оказывает воздействие не только на орган слуха, но и на весь организм в целом.

Действие шума можно разделить на специфическое и неспецифическое [1]. Специфическое действие шума проявляется в изменениях, которые наступают слуховым анализаторе, а неспецифическое – в изменениях, возникающих в других органах и системах человека. Неспецифическое действие шума иногда проявляется раньше, чем поражение слуха, и выражается в форме невротических реакций, нарушения

функций вегетативной нервной системы. Шум – причина преждевременного утомления, ослабления внимания и памяти, он мешает нормальному отдыху и восстановлению сил. Шумовая болезнь – это общее заболевание организма с преимущественным поражением органа слуха, центральной нервной и сердечно-сосудистой систем, развивающееся при длительном воздействии интенсивного шума.

Предельно допустимые дозы шума (измеряются в дБ), в зависимости от продолжительности воздействия, сведены в табл. 1 [2].

Для защиты шума используются различные материалы, создающие преграду на его пути. Принцип действия материала для защиты от шума представлен на рисунке.

Задача звукоизоляции – отразить звук и не позволить ему пройти сквозь стену помещения. Характерное строение звукоизолирующих материалов создает препятствие продвижению звука и отражает его. Звукоизолирующая способность строительной конструкции определяется, прежде всего, массой – чем массивнее и толще стена, тем сложнее звуковым колебаниям ее раскачать. Звукоизолирующая способность ограждающих конструкций, применяемых в строительстве, оценивается значением индекса звукоизоляции. Индекс звукоизоляции измеряется в дБ, и оптимально он должен составлять от 52 до 60 дБ (для ограждающих конструкций) [3]. К звукоизолирующим от-

носятся плотные материалы, такие как бетон, кирпич, гипсокартон и другие материалы, способные отражать звук.



Принцип действия материала для защиты от шума

Основной характеристикой материалов для защиты от воздушного шума является индекс звукоизоляции (R_w), выраженный в дБ [4]. Для того, чтобы не была слышна человеческая речь за стеной, нужно, чтобы он был не менее 50 дБ. Другая характеристика – коэффициент звукопоглощения: от 0 до 1. Чем ближе коэффициент звукопоглощения к 1, тем выше защитные качества материала.

Таблица 1

Предельно допустимые дозы шумов

Продолжительность воздействия, ч	8	4	2	1	0,5	0,25	0,12	0,02	0,01
Предельно допустимые дозы, дБ	90	93	96	99	102	105	108	117	120

Таблица 2

Материалы для шумоизоляции ударных шумов

Наименование материала	Индекс снижения приведенного уровня ударного шума (L_{nw}), дБ	Примеры торговых марок
Прессованный из натуральной пробковой крошки лист	12	Пробковые рулоны фирмы «ПРОСОСКО» (Португалия), пластины торговой марки CORKSRIBAS, рулонная пробка «CorkRoll»
Пенополиэтилен	14	«Изолон», «Изонел», «Пленэкс», «Энергофлекс», «Стизол», «Изоком», «Джермафлекс», «Стейнофон», «Изопенол»
Пробкорезиновая подложка	18–21	UZIN-RR 188, Ibola (Германия)
Битумно-пробковая подложка	18	Parkolag фирмы ICOPAL (Дания, Финляндия)
Композиционный материал	18–20	Tuplex фирмы TUPLEX (Финляндия), ТермоЗвукоИзол (Россия)
Экструдированный пенополистирол	25	Foamboard-5000 от «ФАСАД СТРОЙ» (Россия), ФОМБОРД (Россия) «ТИСПлэкс»

Материалы, которые используются для изоляции ударного шума, звуковую волну не поглощают, а отталкивают, заставляя ее терять энергию. Для изоляции от ударного шума используют пористые материалы с малым значением динамического модуля упругости, поскольку затухание звуковой волны объясняется тем, что звуковая энергия расходуется на упругие деформации материала. Одной из важных сравнительных характеристик материалов, защищающих от ударного шума, является индекс снижения приведенного уровня ударного шума (L_{nw}), измеряемый в дБ. Примеры материалов для шумоизоляции ударных шумов приведены в табл. 2 [5].

Чтобы избежать передачи структурных шумов по несущим конструкциям, при-

меняют прокладочный материал для защиты стыков несущих элементов. Примеры прокладочных материалов приведены в табл. 3 [6].

Цель исследования

Проанализировать виды и характеристики шумоизоляционных материалов, представленных в Тюменской области. Разработать методику оценки шумоизоляционных материалов.

Методы исследования

Авторами статьи произведен анализ и обобщены сведения о шумоизоляционных материалах и произведено их сравнение.

Таблица 3

Прокладочные материалы для защиты стыков несущих конструкций

Наименование материала	Индекс снижения приведенного уровня ударного шума (L_{nw}), дБ	Примеры торговых марок
Стеклохолст	29	Вибростек М, ВИБРОСТЕК-V300 (Россия), Стеклохолст ПСХ-Т 550, Маты МТП-АС-30 / 50 (Россия)
Виброакустический герметик	24	Вибросил (Россия), Бостик 3070, SYLOMER
Эластомерные материалы	22	Varnamo (Швеция), Armacell (Германия); SYLOMER (Австрия)
Прокладочный материал из кремнеземного волокна	27	SupersilSupersilika и Silibas (Россия), «Вибросил-К» (Россия)

Таблица 4

Технические показатели и стоимость шумоизоляционных материалов

№ п/п	Наименование	Толщина, м	Масса, кг	Эффективная плотность, кг/м ³	Собственная звукоизоляция, дБ	Стоимость материала, руб/м ²
1	PhoneStarTriplex	0,012	16,8	1473,6	36	1280
2	ЗИПС панели	0,040	20	694,4	28	1260
3	Tecsound	0,0035	7	1890,0	28	690
4	Экозвукоизол	0,013	17	1362,2	38	615
5	SonoPlat	0,012	13	1041,7	42	900
6	Гипсокартонный лист	0,0125	29	773,3	27	130
7	Изоплат	0,012	9	231,5	23	189
8	Гипсоволокнистый лист	0,125	47	1253,3	37	180
9	Шуманет-100	0,003	19,50	433	24	295
10	Шумостоп	0,02	0,9	60	42	230
11	Звукоизол	0,005	33,2	320	23	195
12	Плиты Rockwool	0,05	0,135	45	43	765
13	Термозвукоизол	0,01	15	136	28	133
14	Экотеплин	0,05	35	34	32	250
15	Шуманет-БМ, СК	0,05	1,4	40	27	300
16	Шуманет ЭКО	0,05	0,9	30	26	276
17	Максфорте	0,012	1,9	60	27	320

Результаты исследования и их обсуждение

На основании произведенных исследований имеющихся на рынке шумоизоляционных материалов была составлена сравнительная табл. 4 по основным техническим показателям и стоимости [7, 8].

Основным этапом выявления наиболее эффективных материалов и конструкций в области снижения прохождения акустической энергии через строительные конструкции, являются данные собственной звукоизоляции, приводимые производителями.

Проанализировав данные табл. 4, выделим основные параметры, характеризующие звукоизоляционные материалы – это толщина (δ), собственная звукоизоляция (R_s) и цена (Π). Толщина звукоизоляцион-

ных материалов лежит в пределах от 0,003 до 0,05 м. Собственная звукоизоляция от 18 до 43 дБ. Цена от 75 до 1280 руб/м².

Исходя из данных табл. 4, примем, что толщина материалов будет в пределах от 0,001 до 0,05 м. Собственная звукоизоляция от 18 до 50 дБ. Цена от 75 до 1500 руб/м².

Для оценки шумоизоляционного материала приведем собственную звукоизоляцию и цену к 0,001 м толщины материала, тогда получим формулу

$$C'_s = \frac{R_s \cdot \Pi}{\delta^2}, \quad (1)$$

где C'_s – коэффициент эффективности шумоизоляционного материала, (дБ*руб)/м²;

R_s – собственная звукоизоляция, дБ;

Π – стоимость материала, руб;

δ^2 – толщина материала, мм.

Таблица 5

Коэффициент эффективности шумоизоляционных материалов

№ п/п	$C'_s \cdot 10^{-6}$ при минимальной собственной звукоизоляции материала ($R_s = 18$ дБ) и толщине δ										
	0,001 м	0,005 м	0,01 м	0,015 м	0,02 м	0,025 м	0,03 м	0,035 м	0,04 м	0,045 м	0,05 м
1	1350	54	13,5	6	3,375	2,16	1,5	1,102	0,8438	0,6666	0,54
2	2700	108	27	12	6,75	4,32	3	2,2041	1,6875	1,3333	1,08
3	4050	162	40,5	18	10,13	6,48	4,5	3,3061	2,5313	2	1,62
4	5400	216	54	24	13,5	8,64	6	4,4081	3,375	2,6666	2,16
5	6750	270	67,5	30	16,87	10,8	7,5	5,5102	4,2187	3,3333	2,7
6	8100	324	81	36	20,25	12,96	9	6,6122	5,0625	4	3,24
7	9450	378	94,5	42	23,63	15,12	10,5	7,7143	5,9063	4,6666	3,78
8	10800	432	108	48	27	17,28	12	8,8163	6,75	5,3333	4,32
9	12150	486	121,5	54	30,37	19,44	13,5	9,9183	7,5937	6	4,86
10	13500	540	135	60	33,75	21,6	15	11,02	8,4375	6,6666	5,4
11	14850	594	148,5	66	37,13	23,76	16,5	12,122	9,2813	7,3333	5,94
12	16200	648	162	72	40,5	25,92	18	13,224	10,125	8	6,48
13	17550	702	175,5	78	43,87	28,08	19,5	14,326	10,968	8,6666	7,02
14	18900	756	189	84	47,25	30,24	21	15,428	11,812	9,3333	7,56

Таблица 6

Коэффициент эффективности шумоизоляционных материалов

№ п/п	$C'_s \cdot 10^{-6}$ при максимальной собственной звукоизоляции материала ($R_s = 50$ дБ) и толщине δ										
	0,001 м	0,005 м	0,01 м	0,015 м	0,02 м	0,025 м	0,03 м	0,035 м	0,04 м	0,045 м	0,05 м
1	3750	150	37,5	16,666	9,375	6	4,1666	3,0612	2,3437	1,8518	1,5
2	7500	300	75	33,333	18,75	12	8,3333	6,1224	4,6875	3,7037	3
3	11250	450	112,5	50	28,125	18	12,5	9,1836	7,0312	5,5555	4,5
4	15000	600	150	66,666	37,5	24	16,666	12,245	9,375	7,4074	6
5	18750	750	187,5	83,333	46,875	30	20,833	15,306	11,718	9,2592	7,5
6	22500	900	225	100	56,25	36	25	18,367	14,062	11,111	9
7	26250	1050	262,5	116,66	65,625	42	29,166	21,428	16,406	12,962	10,5
8	30000	1200	300	133,33	75	48	33,333	24,489	18,75	14,814	12
9	33750	1350	337,5	150	84,375	54	37,5	27,551	21,093	16,666	13,5
10	37500	1500	375	166,66	93,75	60	41,666	30,612	23,437	18,518	15
11	41250	1650	412,5	183,33	103,12	66	45,833	33,673	25,781	20,370	16,5
12	45000	1800	450	200	112,5	72	50	36,734	28,125	22,222	18
13	48750	1950	487,5	216,66	121,87	78	54,166	39,795	30,468	24,074	19,5
14	52500	2100	525	233,33	131,25	84	58,333	42,857	32,812	25,925	21

Таблица 7

Определение относительного коэффициента эффективности материалов для шумоизоляции

№ п/п	Наименование материала	Относительный коэффициент эффективности шумоизоляционного материала (C_s)
1	PhoneStarTriplex	0,085
2	Tecsound	0,421
3	Экозвукоизол	0,037
4	Гипсоволокнистый лист	0,011
5	SonoPlat	0,070
6	Гипсокартонный лист	0,003
7	ЗИПС панели	0,006

Рассчитаем возможный коэффициент эффективности шумоизоляционных материалов (C'_s) с толщиной материала (δ) в диапазоне от 0,001 до 0,05 м и стоимостью от 75 до 1500 руб/м². В табл. 5 представлены коэффициенты эффективности при минимальном значении собственной звукоизоляции $R_s = 18$ дБ. В табл. 6 представлены коэффициенты эффективности при максимальном значении собственной звукоизоляции $R_s = 50$ дБ.

Проанализировав данные табл. 5 и 6, можно сделать вывод, что чем ближе коэффициент C'_s к значению 3750, тем материал лучше по показателям шумоизоляции, меньше по стоимости и тоньше.

Поэтому для оценки материала введем относительный коэффициент эффективности шумоизоляции материала, определяемый по формуле

$$C_s = C'_s / 3750. \quad (2)$$

Из формулы (2) видно, что чем ближе относительный коэффициент эффективности шумоизоляции материала к значению равному 1, тем материал более эффективен.

Согласно формуле (2) производим расчет материалов, представленных в табл. 5. Данные расчета сведены в табл. 7.

На основании анализа показателей табл. 7 можно сделать вывод, что оптимальным вариантом для шумоизоляции является материал Tecsound. Относительный коэффициент эффективности шумоизоляционного материала $C_s = 0,421$, что максимально приближено к значению $C_s = 1$, которое является идеальным в условиях данного проекта.

Таким образом, выведенный авторами коэффициент позволяет соотнести затраты на шумоизоляцию к её эффективности и позволит более рационально отнестись к подбору материалов.

Заключение

1. В результате данной работы был проведен анализ звукоизолирующих и шумопоглощающих материалов, представленных в строительной отрасли Тюменской области.

2. Разработана формула, позволяющая подобрать оптимальный вариант материала по стоимости и техническим показателям для шумоизоляции любого объекта.

Список литературы

1. Бысько М.В. Шумология // ЭНЖ «Медиамузыка». – 2014. – № 3. URL: http://mediamusic-journal.com/Issues/3_6.html (дата обращения: 12.04.17).
2. СН 2.2.4/2.1.8.562-96. Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки. – М.: Минздрав России, 1996. – 8 с.
3. ГОСТ 12.1.003-83. Шум. Общие требования безопасности. – М.: ИПК Издательство стандартов, 1983. – 13 с.
4. Справочник проектировщика. Защита от шума / Е.Я. Юдин, И.Д. Рассадина, В.Н. Никольский и др.; под ред. Е.Я. Юдина. – М.: Стройиздат, 1974. – 134 с.
5. Звукоизоляция ударного шума [Электронный ресурс]. – URL: http://www.acoustic.ru/albom_solutions/general/udarnyshum (дата обращения: 14.04.17).
6. Звукоизоляционные материалы. Виды звукоизоляционных материалов [Электронный ресурс]. – URL: <http://sk-33.ru/sound-insulating-materials> (дата обращения: 15.04.17).
7. Технологии звука [Электронный ресурс]. – URL: <http://tz72.ru/> (дата обращения: 14.04.17).
8. 72.RUMarket. Шумоизоляционные материалы [Электронный ресурс]. – URL: <http://72.ru/market/search/filter/91723.php> (дата обращения: 13.04.17).