

## **ЗВУКОИЗОЛЯЦИОННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ НОВЫХ ПРОКЛАДОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ ОТЕЧЕСТВЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА, ПРИМЕНЯЕМЫХ В КОНСТРУКЦИЯХ «ПЛАВАЮЩИХ» ПОЛОВ МЕЖДУЭТАЖНЫХ ПЕРЕКРЫТИЙ ЗДАНИЙ**

**В.П. Заец, Л.Н.Осипчук, Н.А.Трохименко**

*Государственный научно-исследовательский институт  
строительных конструкций Минрегионстроя Украины, Киев*

Приведены динамические и акустические характеристики новых рулонных звукоизоляционных материалов, изготовленных на основе стеклохолста, химических волокон, а также изделий из полиэтилена. Экспериментально определены величины индексов снижения приведенного уровня ударного шума «плавающими» полами с применением в их конструкциях звукоизоляционных слоев из исследованных упругих материалов. Показана зависимость величины снижения уровня ударного шума от параметров плиты пола и физико-технических характеристик изоляционного слоя.

В массовом жилищном строительстве в настоящее время одной из серьезных проблем продолжает оставаться проблема защиты жилых помещений от ударного шума, передаваемого через междуэтажные перекрытия.

Величиной, характеризующей изоляцию ударного шума перекрытием является приведенный уровень ударного шума под перекрытием  $L_n$ , дБ. Эта величина представляет собой уровень звукового давления ударного шума в 1/3 октавных или октавных полосах частот нормируемого частотного диапазона в помещении под данным перекрытием при работе на нём стандартной ударной машины. Уровни ударного шума, зафиксированные в приемном помещении (под перекрытием), соотносят со стандартной эквивалентной площадью звукопоглощения и, таким образом, получают значения приведенного уровня ударного шума  $L_n$ .

В настоящее время, в соответствии с рекомендациями международных стандартов ISO, нормируемым параметром изоляции ударного шума перекрытиями жилых и общественных зданий является «индекс приведенного уровня ударного шума под перекрытием» ( $L_{nW}$ , дБ).

Индекс  $L_{nW}$  определяется по известной (рассчитанной или измеренной) частотной характеристике приведенного уровня ударного шума  $L_n$  путем сопоставления этой характеристики со стандартной оценочной частотной характеристикой звукоизоляции в соответствии с методикой [1].

В действующем в настоящее время в Украине СНиП П-12-77 [2] приведены, для различных категорий зданий, нормативные значения индексов приведенного уровня ударного шума междуэтажных перекрытий, которые обозначены символом  $I_y$ , дБ и которые определяются по устаревшей системе оценки звукоизоляции. Вместе с тем индексы  $I_y$  пересчитываются в индексы  $L_{nW}$  по зависимости:

$$L_{nW} = I_y - 7. \quad (1)$$

В соответствии с требованиями СНиП II-12-77 значение индекса  $L_{нш}$  для перекрытий между жилыми помещениями квартир не должно превышать 60 дБ ( $L_{нш\text{ норм}} \leq 60$  дБ).

В таблице 1 приведены значения индексов  $L_{нш}$  для сплошных железобетонных несущих плит перекрытий плотностью  $2500 \text{ кг/м}^3$  различных толщин. Из данных, приведенных в таблице, видно, что сами по себе плиты перекрытия (даже значительных толщин) не обеспечивают снижение уровней ударного шума до нормативных значений. Это объясняется тем, что затухание звука в таких плитах слишком мало, чтобы при ударных воздействиях достичь малых значений излучаемого ими шума.

Табл. 1. Значения индексов приведенного уровня ударного шума несущих железобетонных плит междуэтажных перекрытий

Толщина плиты перекрытия, мм	Поверхностная плотность плиты перекрытия, $\text{кг/м}^2$	Величина индексов $L_{нш}$ , дБ
60	150	86
80	200	84
100	250	82
120	300	80
140	350	78
160	400	77
180	450	76
200	500	75
220	550	74
240	600	73

Для того, чтобы выполнить нормативные требования по изоляции ударного шума перекрытием, необходимо дополнительное устройство пола, определенной конструкции, укладываемого поверх несущей плиты перекрытия. При твердых покрытиях чистого пола (например, паркет, ламинат, керамическая плитка) нормативная узоляция ударного шума достигается исключительно устройством плавающего пола, укладываемого по упругому звукоизоляционному слою с определенными физико-техническими характеристиками.

Кроме плавающего пола эффективно изолируют ударный шум также мягкие рулонные покрытия полов, такие как линолеум на теплозвукоизоляционной подоснове, различные типы ковровых покрытий. Их изолирующие свойства зависят от степени эластичности материала, а значения величин снижения приведенных уровней ударного шума под перекрытием составляют от 14 дБ до 25 дБ, но в отличие от плавающего пола эти покрытия не улучшают изоляцию воздушного шума перекрытием в целом, а в некоторых случаях даже снижают показатели изоляции воздушного шума на 1-2 дБ.

Таким образом, основную роль в изоляции ударного шума междуэтажными перекрытиями играют упругие звукоизоляционные прокладочные материалы, применяемые в конструкциях плавающих полов.

## 1. ХАРАКТЕРИСТИКИ ЗВУКОИЗОЛЯЦИОННЫХ ПРОКЛАДОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Важнейшими характеристиками звукоизоляционных прокладочных материалов являются:

- динамический модуль упругости материала  $E_d$ , Н/м<sup>2</sup>;
- относительное сжатие материала звукоизоляционного слоя под нагрузкой  $\varepsilon_d$ ;
- коэффициент потерь  $\eta$ ;
- индекс снижения приведенного уровня ударного шума перекрытием  $\Delta L_{нш}$ , дБ, за счет устройства плавающего пола, уложенного по слою данного прокладочного звукоизоляционного материала;
- долговечность материала звукоизоляционного слоя.

Ударные воздействия на плавающую плиту пола вызывают периодические изменения напряжения в упругом слое. В нем возникают деформации на которые расходуется часть звуковой энергии, рассеиваемой в виде теплоты.

Снижение уровня ударного шума в значительной степени определяется частотой собственных колебаний пола, уложенного по звукоизоляционному упругому слою  $f_0$ , Гц:

$$f_0 = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{E_d}{d m_{\text{пол}}}}, \quad (2)$$

где  $E_d$  - динамический модуль упругости материала звукоизоляционного слоя, Н/м<sup>2</sup>;

$m_{\text{пол}}$  - поверхностная плотность плавающей плиты пола (без учета звукоизоляционного слоя), кг/м<sup>2</sup>;

$d$  - толщина звукоизоляционного слоя в обжатом состоянии, м, определяемая по формуле

$$d = d_0 (1 - \varepsilon_d), \quad (3)$$

где  $d_0$  - толщина звукоизоляционного слоя в необжатом состоянии, м;

$\varepsilon_d$  - относительное сжатие упругого материала под действием нагрузки.

Хорошая изоляция достигается в тех случаях, когда частота резонанса  $f_0$  лежит за пределами нормируемого диапазона частот (ниже 100 Гц) или вблизи этой границы. Чем ниже  $f_0$  тем больше величина снижения уровня ударного шума за счет пола на упругом основании. Каждое удвоение частоты (при  $f > f_0$ ) приводит к росту улучшения изоляции ударного шума на 12 дБ. Начиная со средних частот нормируемого диапазона в упругом слое возникают волновые процессы, что приводит к замедлению роста звукоизоляции с 12 дБ до 6 дБ на октаву.

На практике изменение частоты  $f_0$  за счет варьирования значениями  $m_{\text{пол}}$  возможно только в очень малых пределах. Поэтому управление изолирующими свойствами пола осуществляется главным образом изменением динамической жесткости упругого слоя  $K$ , Н/м<sup>3</sup>, ( $K = E_d / d$ ), а при заданном значении  $E_d$  - только толщиной звукоизоляционного слоя  $d$ .

Расчет изоляции ударного шума перекрытиями с полами на упругом основании производится по методикам, изложенным в [3, 4].

Ранее традиционно в качестве звукоизоляционных слоев применялись мягкие древесно-волоконистые плиты (оргалит), засыпки из песка, шлака, керамзита, а также стекловолоконистые и минераловатные плиты различных плотностей.

Наименее эффективными являются звукоизоляционные слои в виде различных засыпок из-за их высоких значений динамического модуля упругости ( $E_d = 8-13 \text{ МН/м}^2$ ) и свойства «слёживания» в процессе эксплуатации. Для обеспечения нормативной изоляции ударного шума с применением сыпучих материалов толщина слоя засыпки должна составлять не менее 50-80мм.

Применение засыпок связано также с рядом других серьезных недостатков таких, например, как увеличение общей толщины перекрытий, существенное увеличение веса здания в целом и, в связи с этим, необходимостью усиления несущих конструкций здания и фундаментов. Это обстоятельство особенно важно учитывать при современном строительстве высотных жилых домов.

Напротив, звукоизоляционные слои из стекловолоконистых или минераловатных плит ( $E_d = 0,36-0,8 \text{ МН/м}^2$ ) являются весьма эффективными. При правильном выборе параметров слоев из этих материалов можно достичь практически любой требуемой изоляции ударного шума. Так, например, по данным лабораторных испытаний значения индексов снижения приведенного уровня ударного шума  $\Delta L_{нв}$  за счет устройства плавающего пола по слою жестких стекловолоконистых плит ISOVER марок FLO-30 (плотность  $85 \text{ кг/м}^3$ , толщина 30мм) и OL-A-20 (плотность  $65 \text{ кг/м}^3$ , толщина 20 мм) составляют соответственно 37 и 36 дБ, по слою минераловатных плит URSA марки TSP (плотность  $85 \text{ кг/м}^3$ , толщина 40 мм) – 38 дБ.

В последнее время отечественной промышленностью выпускаются новые типы звукоизоляционных прокладочных материалов которые уже применяются в строительной практике при устройстве плавающих полов.

Лабораторией строительной и архитектурной акустики института были проведены исследования ряда современных прокладочных материалов отечественного производства с целью установления показателей их звукоизоляционных свойств и определения области применения. В частности, проведены лабораторные исследования таких звукоизоляционных прокладочных материалов:

1. Материал звуко теплоизоляционный битумно-полимерный «Звуко теплоизол» (ТУ У В. 2.7 – 00292787.002-2000) производства ОАО «Славутский рубероидный завод» (г. Славута, Хмельницкой обл.).

«Звуко теплоизол» - рулонное полотно многослойное, упругое звуко тепло гидроизолирующее. Звукопоглощающая основа материала – слой плотного стеклохолста производства фирмы ISOVER, покрытого несущим слоем из полимерно битумной структурно-модифицированной смеси и защитной полиэтиленовой пленки. Общая толщина материала – 2,5-3,0 мм.

2. Материал «Полиизол» (ТУ У 00203482.005-98) производства ООО «Укрпенополиэтилен» (г. Харьков).

«Полиизол» - упругое рулонное полотно из вспененного газонаполненного полиэтилена. Изготавливается методом экструзии полиэтилена с параллельным физическим вспениванием. Выпускается толщиной 5 мм, 8 мм, 10мм.

3. Материал тепло звуко гидроизоляционный «Терафом» (ТУ У В.2.7-25.2-25860560-003:2005) производства ООО «НормаИзол» (г. Киев).

«Терафом» - упругое рулонное полотно из химически сшитого пенополиэтилена с закрытой ячеистой структурой и односторонним защитным покрытием из полиэтиленовой пленки. Выпускается толщиной 4 мм, 5 мм, 8мм.

4. Материал звуко теплоизоляционный «Эласт ЗТІ» (ТУ У В.2.7-36.6-04012193-002-2004) производства ОАО «Комбинат Стройиндустрии» (г. Киев).

«Еласт ЗТІ» - упругое рулонное полотно, состоящее из двух слоев: звуко теплоизоляционной основы из нетканого иглопробивного полотна из синтетических волокон и верхнего несущего слоя толщиной 0,4 мм – пластифицированной пленки из поливинилхлоридной композиции. Общая толщина материала – 5 мм.

В процессе исследований определялись следующие динамические и акустические характеристики материалов: динамический модуль упругости  $E_d$  при стандартных нагрузках, относительное сжатие  $\varepsilon_d$  при стандартных нагрузках, индекс снижения приведенного уровня ударного шума  $\Delta L_{nW}$  плавающими полами с применением указанных материалов в качестве звукоизоляционного слоя, а также частотные характеристики снижения уровня ударного шума  $\Delta L_n$  плавающими полами.

Динамический модуль упругости  $E_d$  материалов определялся резонансным методом в соответствии с требованиями ГОСТ 16297-80 [5].

При экспериментальном определении акустических свойств исследуемых прокладочных звукоизоляционных материалов в измерительных реверберационных камерах лаборатории, в соответствии с требованиями методик [6, 7], измерялись приведенные уровни ударного шума под плитой перекрытия (при работе на ней стандартной ударной машины) вначале без пола ( $L_{n0}$ , дБ), а затем с плитой пола, уложенной по упругому звукоизоляционному слою ( $L_{n1}$ , дБ).

Частотные характеристики снижения уровня ударного шума полом на упругом основании  $\Delta L_n$ , дБ, определялись по формуле

$$\Delta L_n = L_{n0} - L_{n1}. \quad (4)$$

В соответствии с методикой [1] по измеренным частотным характеристикам  $L_{n0}$  и  $L_{n1}$  определялись соответственно индекс приведенного уровня ударного шума плиты перекрытия без пола  $L_{nW0}$ , дБ, и индекс приведенного уровня ударного шума плиты перекрытия с плавающим полом  $L_{nW1}$ , дБ.

Индекс снижения приведенного уровня ударного шума  $\Delta L_{nW}$ , дБ, полом на упругом основании определялся прямым сравнением по формуле

$$\Delta L_{nW} = L_{nW0} - L_{nW1}. \quad (5)$$

При проведении испытаний в качестве несущей плиты перекрытия использовалась сплошная железобетонная плита толщиной 160 мм и поверхностной плотностью 400 кг/м<sup>2</sup>.

В качестве плавающей плиты пола использовались гипсобетонная плита ( $m_{\text{пол}} = 60$  кг/м<sup>2</sup>), керамзитобетонная плита ( $m_{\text{пол}} = 80$  кг/м<sup>2</sup>), бетонная плита ( $m_{\text{пол}} = 120$  кг/м<sup>2</sup>) – все толщиной по 50 мм.

## 2. РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Динамические характеристики испытанных материалов и индексы снижения приведенного уровня ударного шума  $\Delta L_{nW}$  (для плиты пола с поверхностной плотностью 120 кг/м<sup>2</sup>) приведены в таблице 2. В таблице 3 приведены частотные характеристики снижения уровня ударного шума  $\Delta L_n$  для той же плиты пола с использованием тех же материалов в качестве звукоизоляционного слоя. В таблице 4 дана зависимость величины индекса  $\Delta L_{nW}$  от поверхностной плотности плиты пола при применении одного и того же упругого слоя.

Табл. 2. Экспериментальные значения динамических и акустических характеристик испытанных звукоизоляционных материалов

Наименование материала	Толщина материала без нагрузки, мм	Динамический модуль упругости $E_d$ , МН/м <sup>2</sup> , относительное сжатие $\epsilon_d$ при нагрузках, Н/м <sup>2</sup>				$\Delta L_{nW}$ , дБ ( $m_{\text{пол}} = 120 \text{ кг/м}^2$ )
		2000		5000		
		$E_d$	$\epsilon_d$	$E_d$	$\epsilon_d$	
«Звукотеплоизол»	3,0 (1 слой)	0,15	0,20	0,19	0,28	21
	6,0 (2 слоя)	0,16	0,22	0,20	0,30	26
	9,0 (3 слоя)	0,17	0,21	0,20	0,29	29
«Полиизол»	5,0	0,24	0,09	0,40	0,15	27
	8,0	0,27	0,08	0,38	0,15	29
	10,0	0,27	0,09	0,40	0,12	31
«Терафом»	4,0	0,47	0,08	0,82	0,15	23
	5,0	0,50	0,09	0,85	0,18	24
	8,0	0,52	0,08	0,83	0,16	28
«Еласт ЗТІ»	5,0	0,75	0,10	2,20	0,15	25

 Табл. 3. Снижение приведенного уровня ударного шума плавающим полом в зависимости от типа материала звукоизоляционного слоя и его толщины (для плиты пола с  $m_{\text{пол}} = 120 \text{ кг/м}^2$ )

Средне-геометрические частоты 1/3 октавных полос, Гц	Значения $\Delta L_n$ , дБ, полом, уложенным по звукоизоляционному слою								
	слой «Звукотеплоизола» с толщинами, мм			слой «Полиизола» с толщинами, мм			слой «Терафома» с толщинами, мм		Слой «Еласт ЗТІ» толщиной, мм
	3 (1слой)	6 (2слоя)	9 (3слоя)	5	8	10	4	8	5
100	1	3	9	2	5	8	1	8	1
125	3	9	14	7	11	13	3	5	3
160	8	13	19	14	16	18	4	10	7
200	9	13	18	15	15	16	3	6	11
250	7	10	13	5	7	7	6	14	8
315	10	19	23	13	16	17	10	15	11
400	11	18	24	18	19	22	12	20	17
500	18	28	32	25	27	28	12	16	21
630	13	19	23	16	18	19	13	17	14
800	16	24	29	20	22	25	16	21	21
1000	17	24	25	27	30	32	21	29	24
1250	17	23	23	29	31	33	24	30	28
1600	22	27	28	32	34	36	30	37	26
2000	22	28	31	33	36	37	32	39	31
2500	24	31	34	40	37	38	34	41	35
3150	27	35	39	39	33	33	36	40	37

Табл. 4. Зависимость индекса  $\Delta L_{нш}$  от величины  $m_{пол}$  при данном звукоизоляционном слое

Материал звукоизоляционного слоя	Толщина слоя без нагрузки, мм	Величина $\Delta L_{нш}$ , дБ		
		$m_{пол} = 60 \text{ кг/м}^2$	$m_{пол} = 80 \text{ кг/м}^2$	$m_{пол} = 120 \text{ кг/м}^2$
«Звукотеплоизол»	3 (1 слой)	20	21	21
	6 (2 слоя)	24	25	26
	9 (3 слоя)	26	27	29
«Полиизол»	5	22	23	27
	8	24	26	29
	10	25	27	31

Проведенные испытания материалов показали, что по значениям величин динамических характеристик все они относятся к классу эффективных звукоизоляционных прокладочных материалов (ГОСТ 23499-79 [8]).

Полученные значения индексов снижения приведенного уровня ударного шума полами  $\Delta L_{нш}$  свидетельствуют о высокой эффективности всех испытанных конструкций пола (значения  $\Delta L_{нш}$  лежат в пределах от 20 дБ до 31 дБ). Это означает, что при использовании, например, сплошной железобетонной плиты перекрытия толщиной 160 мм с индексом приведенного уровня ударного шума 77 дБ (см. табл. 1), любой из испытанных образцов плавающего пола обеспечивает под данным перекрытием индекс приведенного уровня ударного шума  $L_{нш1}$  (см. формулу (5)), не превышающий 60 дБ и отвечает требованиям СНиП II-12-77, предъявляемым к междуэтажным перекрытиям между жилыми помещениями квартир.

Вместе с тем, следует иметь ввиду, что значения индексов  $\Delta L_{нш}$ , представленные в данной работе, получены в лабораторных условиях в которых несущая плита перекрытия и плита пола имели ровные и гладкие поверхности, близкие к идеальным.

На практике таких ровных поверхностей плит достичь трудно и при тонких слоях прокладочных материалов возможно образование «акустических мостиков», что приведет к ухудшению показателей изоляции ударного шума по сравнению с показателями, полученными в лабораторных условиях.

В связи с этим, при применении в строительстве рулонных звукоизоляционных прокладочных материалов их рекомендуемая толщина должна составлять не менее 8-10 мм при условии тщательно подготовленной и выровненной поверхности несущей плиты перекрытия.

Кроме того, вследствие воздействия различных эксплуатационных нагрузок динамические характеристики прокладочных материалов в процессе эксплуатации неизбежно изменяются. Наибольшее воздействие, направленное на ухудшение характеристик материала, оказывает статическая нагрузка от конструкции пола, мебели, оборудования. С течением времени некоторые материалы, работающие в условиях всестороннего сжатия, могут терять свой объем (толщину), а при длительной эксплуатации – терять способность его восстанавливать.

Поэтому другим важнейшим фактором, который нужно учитывать при применении прокладочных материалов - это их долговечность, показателем которой, в первую очередь является сохранение звукоизоляционных свойств материала в процессе эксплуатации под нагрузкой, а при расчете звукоизоляции необходимо учитывать

изменение во времени динамической жесткости материала с тем, чтобы звукоизоляция отвечала нормативным требованиям на протяжении всего срока эксплуатации.

В связи с этим, все материалы, которые предназначены для применения (или уже используются) в качестве упругих звукоизоляционных прослоек, должны пройти соответствующие испытания на долговечность с получением данных об изменении их динамических характеристик с течением времени и величины прилагаемых нагрузок.

Особенно это касается изделий из пенополиэтилена молекулы которого деструктурируются в течении длительного времени, а в изделиях из вспененного газонаполненного полиэтилена под воздействием статической и динамической нагрузок возможно, кроме того, «схлопывание» пузырьков газа, что неизбежно приведет к уменьшению эффективной толщины слоя и потери ими изначальных упругих свойств.

В качестве примера приведем результаты проведенных исследований в НИИ строительной физики (Россия), касающихся изменения динамических и акустических характеристик звукоизоляционного прокладочного материала из вспененного газонаполненного полиэтилена под действием длительной статической нагрузки. По данным этих исследований установлено, что через один год под действием статической нагрузки в  $2 \text{ кН/м}^2$  толщина этого материала уменьшилась с 10 мм до 5 мм, значение динамического модуля упругости  $E_d$  увеличилось от первоначального значения  $0,46 \text{ МН/м}^2$  до  $0,9 \text{ МН/м}^2$ , а величина индекса снижения приведенного уровня ударного шума  $\Delta L_{нв}$  уменьшилась с первоначального значения в 20 дБ до 14 дБ через один год.

Таким образом, оптимальное соотношение толщины звукоизоляционного слоя и нагрузки пола должно устанавливаться в каждом конкретном случае в зависимости от назначения междуэтажного перекрытия с плавающим полом и требуемой изоляции как ударного так и воздушного шума с учетом динамики изменения характеристик выбранного прокладочного материала под действием прилагаемой нагрузки.

## ЛИТЕРАТУРА

1. ISO 717-2:1996 Акустика. Оценка изоляции ударного шума.
2. СНиП II-12-77 Защита от шума. Нормы проектирования – М. 1978.
3. Справочник по защите от шума и вибрации жилых и общественных зданий (под ред. Заборова В.И.) – К.: Будивэльник, 1989.
4. Звукоизоляция и звукопоглощение (под. ред. Осипова Г.Л.) – М.: 2004.
5. ГОСТ 16297-80 Материалы звукоизоляционные и звукопоглощающие. Методы испытаний – М.: Издательство стандартов, 1980.
6. ГОСТ 27296-87 Защита от шума в строительстве. Звукоизоляция ограждающих конструкций. Методы измерения – М.: Издательство стандартов, 1987.
7. ISO 140-6: 1998 Акустика. Лабораторные измерения изоляции ударного шума полами.
8. ГОСТ 23499-79 Материалы и изделия строительные звукопоглощающие и звукоизоляционные. Классификация и общие технические требования – М.: Издательство стандартов, 1979.