

УДК 699.844.621

## ИССЛЕДОВАНИЕ АКУСТИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ЗВУКОВЫХ КОЛЕБАНИЙ В СЛОИСТЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛАХ

канд. техн. наук А.В. ПРОТАСЕНЯ

(Солигорский Институт проблем ресурсосбережения с Опытным производством)

*Представлены результаты экспериментальных исследований акустических свойств слоистых композиционных материалов, используемых как звукопоглощающие. Показано, что для слоистых материалов уменьшения энергии звуковых колебаний можно достигать определенным сочетанием слоев и га ориентацией относительно источника звука. Полученные результаты свидетельствуют, что при формировании слоистых звукопоглощающих материалов необходимо учитывать сочетание разных по плотности слоев и расположение га по направлению к источнику звука.*

Известно, что в однородных материалах интенсивность звуковых колебаний убывает с расстоянием по экспоненциальному закону. В слоистых композиционных материалах этот процесс происходит сложнее, так как границы раздела слоев, рассеивая и отражая звуковые волны, изменяют их направление распространения [1, 2]. Поэтому представляет интерес исследовать, как влияет изменение параметров структуры образца на коэффициент звукопоглощения.

В качестве объектов исследований были предложены конструкции, состоящие из следующих слоев: волокнистого холста толщиной 5 мм ( $\rho = 80 \text{ кг/м}^3$ ) типа «ТИМС», базальтового картона толщиной 5 мм ( $\rho = 250 \text{ кг/м}^3$ ), эластичного пенополиуретана толщиной 5 мм и металлизированной влагожиростойкой бумаги (рисунок). Оценка коэффициента звукопоглощения осуществлялась по ГОСТ 16279-80 путем использования акустического интерферометра при нормальном падении звуковых волн на образец. Измерения проводились в диапазоне 1/3 октавных частот 125...2000 Гц. Результаты измерений приведены в таблице.

Коэффициенты звукопоглощения слоистых материалов на третьоктавных частотах

Частота, Гц	Коэффициенты звукопоглощения слоистых материалов											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
125	0,16	0,45	0,10	0,37	0,38	0,71	0,90	0,71	0,68	0,84	0,60	0,66
160	0,54	0,48	0,53	0,35	0,42	0,50	0,73	0,61	0,59	0,71	0,65	0,47
200	0,62	0,16	0,43	0,76	0,60	0,40	0,64	0,39	0,42	0,67	0,54	0,50
250	0,54	0,26	0,33	0,45	0,71	0,92	0,47	0,56	0,78	0,59	0,61	0,64
315	0,47	0,30	0,10	0,37	0,29	0,67	0,55	0,50	0,66	0,74	0,56	0,62
400	0,45	0,27	0,18	0,32	0,32	0,70	0,37	0,54	0,58	0,58	0,62	0,53
500	0,37	0,26	0,13	0,43	0,37	0,51	0,28	0,35	0,60	0,70	0,83	0,33
630	0,41	0,41	0,15	0,65	0,49	0,59	0,24	0,38	0,58	0,84	0,71	0,40
800	0,34	0,68	0,32	0,99	0,47	0,71	0,27	0,68	0,63	0,70	0,64	0,50
• 1000	0,28	0,95	0,29	0,79	0,54	0,76	0,29	0,50	0,66	0,64	0,52	0,69
1250	0,33	0,79	0,36	0,56	0,69	0,70	0,37	0,57	0,68	0,59	0,41	0,78
1600	0,42	0,50	0,53	0,45	0,82	0,52	0,50	0,34	0,52	0,57	0,31	0,87
2000	0,15	0,23	0,27	0,26	0,78	0,38	0,57	0,45	0,51	0,34	0,56	0,95

Показано, что увеличение коэффициента звукопоглощения для каждой толщины материалов обусловлено определенным сочетанием слоев и их расположением к источнику звуковых волн. Установлено, что при равной толщине образцов (15 мм), но различной ориентации их слоев к источнику звуковых волн, поглощающая способность тем больше, чем ярче выражена рассогласованность импедансов слоев конструкции (образцы 4, 5, 6). Звуковые волны, переходя из менее плотного слоя (волокнистого холста) в другой - более плотный (базальтовый картон), изменяют амплитуду своих колебаний. Это объясняется тем, что волны, падая на волокнистый холст по мере распространения, равномерно уменьшают свою интенсивность. На границе раздела слоев (волокнистый холст - базальтовый картон) они рассеиваются и отражаются во всевозможных направлениях. Часть рассеянных звуковых волн поглощается следующим волокнистым холстом, а отраженные - предыдущим. Таким образом, для толщины материала 15 мм перспективным будет располагать между слоями волокнистого холста более плотный слой (образец 6). При

размещении волокнистого холста перед базальтовым картоном (образец 5) уменьшается возможность материала поглощать рассеянные звуковые волны, если после (образец 4), то практически отсутствует поглощение отраженных волн, так как при одинаковых импедансах слоев граница раздела, в частности волокнистый холст - волокнистый холст, не влияет на изменение амплитуды звуковых колебаний. Для образцов толщиной 5... 10 мм (образцы 2,3 и 7,8) коэффициент звукопоглощения увеличивается при расположении более плотных слоев к источнику звуковых волн, из-за того, что на границе раздела воздух - слоистый материал звуковые волны уменьшают свою интенсивность за счет рассеяния их более плотным слоем, и затем поглощения менее плотным. При большей толщине (15...20 мм), наоборот, расположение к источнику звуковых волн менее плотных слоев увеличивает поглощающую способность материала (образцы 9, 11, 12). Однако при расположении между слоями волокнистого холста базальтового картона, аналогично образцу 6, приоритетом картона является рассеивание и отражение волн. Если в качестве промежуточного слоя используется пенополиуретан, то звуковые волны, поглощаясь равномерно, меняют амплитуду своих колебаний на границах раздела слоев волокнистого холста и пенополиуретана. Основой в этом случае является увеличение поглощения звуковых волн как идущих от источника звука, так рассеянных и отраженных от звукоизолирующего слоя, состоящего из базальтового картона и влагожиростойкой бумаги, расположенного с обратной стороны.

Таким образом, в ходе проведенных исследований было установлено, что уменьшения энергии звуковых волн в слоистых материалах можно достичь не только ростом толщины конструкции, но и увеличением коэффициента звукопоглощения за счет рационального сочетания слоев.

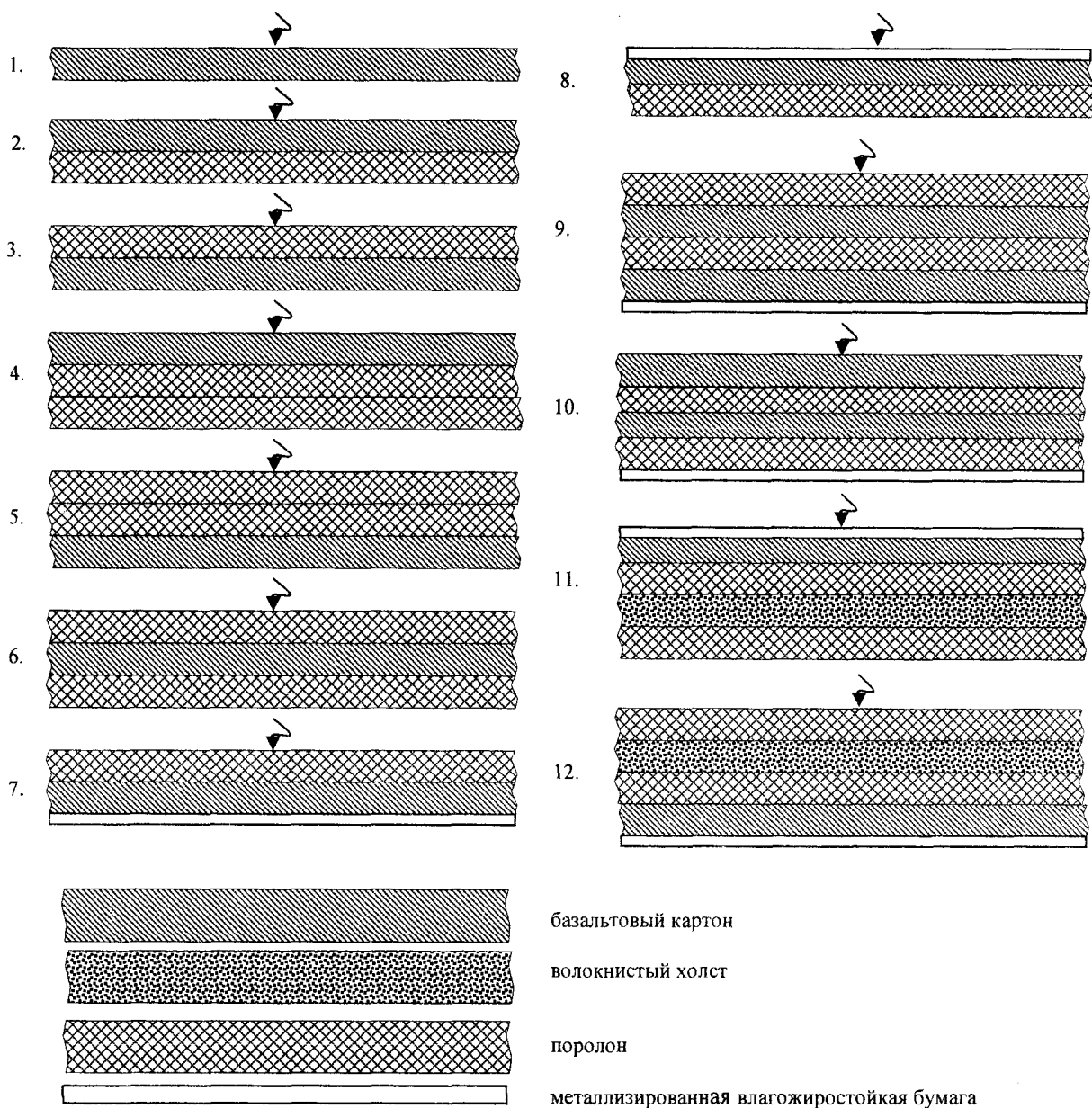
Проанализируем частотную зависимость коэффициента звукопоглощения от конструкции образцов. При расположении к источнику звука более плотных слоев материала образцы 2, 4, 10, 11 имеют ярко выраженный максимум, смещенный на 1/3 октавы в область низких частот по мере увеличения толщины волокнистого холста. Один слой базальтового картона имеет относительно равномерное распределение звукопоглощения в диапазоне частот 160 - 1600 Гц. Для слоистых конструкций при толщине волокнистого холста 5 мм максимум наступает на частоте 1000 Гц (образец 2), а при толщине 10 мм - на частоте 800 Гц (образец 4). При расположении между двумя волокнистыми холстами, толщиной 5 мм базальтового картона, толщиной 5 мм пик поглощения смещается еще на 1/3 октавы к 630 Гц (образец 10). А при расположении взамен картона слоя эластичного пенополиуретана (образец 11) максимум находится на частоте 500 Гц.

Для образца, где более плотный слой находится между слоями волокнистого холста (образец 6), пики поглощения исчезают. Поглощающая способность такого материала относительно равномерно увеличена на всей области исследуемых частот 125...2000 Гц. Резкие пики поглощения для аналогичного по толщине и составу образца 4 на частотах 200, 800 Гц сглаживаются за счет увеличения звукопоглощающей способности на более низких частотах (образец 6).

При расположении к источнику звуковых волн менее плотных пористых слоев, образцы 3, 5, 9, 12 имеют относительно одинаковые по распределению спектры поглощения. Только изменение толщины пористого слоя определяет размещение экстремальных точек на графике. При толщине волокнистого холста 5 мм первый максимум приходится на частоту 160 Гц, второй на частоту 1600 Гц (образец 3), а минимум на частоту 315 Гц. Увеличив толщину волокнистого холста до 10 мм (образец 5), первый максимум сдвигается на 2/3 октавы в область более высоких частот - с 160 до 250 Гц. Однако минимум и второй максимум имеют стабильное положение. При увеличении толщины поглощающего слоя путем размещения между волокнистыми холстами базальтового картона (образец 9), минимум с 125 Гц сдвигается на 2/3 октавы в область более высоких частот. Точка первого максимума остается на частоте 250 Гц. При дальнейшем увеличении толщины пористого слоя до 20 мм (образец 12) путем расположения между слоями волокнистого холста слоя эластичного пенополиуретана, минимум поглощения ярко выраженный для образцов 3 и 5 в точке 315 Гц перемещается на 2/3 октавы в область более высоких частот.

Изучив закономерности изменения коэффициента звукопоглощения от толщины поглощающего слоя, можно прогнозировать изменение поглощения звуковых волн слоистой конструкцией. Так, по всей вероятности, максимум поглощения для образца 12 передвинется на 2/3 октавы в сторону высоких частот от частоты 1600 Гц и будет лежать в области частоты 2500 Гц. Это объясняется следующим образом. Увеличение толщины волокнистого холста сдвигает только первый максимум поглощения в сторону более высоких частот. На остальных частотах распределение коэффициента звукопоглощения по частотам остается неизменным. Наличие более плотного промежуточного слоя (базальтового картона) обеспечивает сглаживание максимума и минимума поглощения. Промежуточный слой, состоящий из эластичного пенополиуретана, сохраняет общее распределение коэффициента звукопоглощения по частотам аналогично образцу 5. Здесь практически сказывается, аналогичная пористо-волокнистой, легкая пористо-губчатая структура этого слоя. Поэтому характерно смещение экстремальных точек в сторону более высоких частот.

Представляет интерес проанализировать, как изменяется поглощающая способность эластичного пенополиуретана (поролон) при изменении параметров пористо-губчатой структуры. Для этого использовали образцы с различными размерами пор (мелкопористой, среднепористой и крупнопористой).



Конструкции слоистых материалов

Показано, что распределение звукопоглощающей способности поролона мелкопористой структуры толщиной 20 мм обусловлено динамикой роста звукопоглощения на высоких частотах. При увеличении толщины образца и размеров пор определяется пик поглощения на частоте 1000 Гц. Изменение коэффициента звукопоглощения на первый взгляд является следствием изменения толщины образца. Однако, увеличив толщину до 30 мм и изменив размеры пор, можно утверждать, что сама структура материала непосредственно влияет на характер поглощения. Изменение размеров пор образцов влияет на характер затухания звуковых колебаний. Следовательно, уменьшение энергии звуковых колебаний можно достигать не только увеличением толщины образца, но и изменением параметров структуры.

Таким образом, в результате проведенных исследований установлено, что для слоистых материалов уменьшение энергии звуковых колебаний можно достигать не только ростом толщины конструкции, но и увеличением коэффициента звукопоглощения за счет изменения параметров структуры образца.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Боголепов И.И. Промышленная звукоизоляция. - Л.: Судостроение, 1986. - 368 с.
2. Борисов Л.П., Гужас Д.Р. Звукоизоляция в машиностроении. - М.: Машиностроение, 1990. - 256 с.