

УДК 677.017:629.4.042.5

**ИССЛЕДОВАНИЕ ЗВУКОИЗОЛЯЦИОННЫХ СВОЙСТВ
НОВЫХ ДУБЛИРОВАННЫХ МАТЕРИАЛОВ
НА ОСНОВЕ НЕТКАНОГО ПОЛОТНА**

О.В. САЧКОВ, Г.И. ЧИСТОБОРОДОВ

(ООО "Наукоемкие технологии", г. Москва,
Ивановская государственная текстильная академия)
E-mail: ttp@igta.ru

В работе определялись звукопоглощающие свойства дублированного материала НО-Л-1А в сравнении с применяемым в последние годы для аналогичных задач материалом марки "Огнетекс".

The sound-proof properties of the laminated fabric NOLIA in comparison with the material of the brand "Ogneteks", applied in last years for similar problems, are defined in the article.

Ключевые слова: звукопоглощающие свойства, композиционные материалы, нанометаллическое покрытие, падающая звуковая волна, воздушная полость.

В последнее время при строительстве новых пассажирских вагонов для железных дорог все больше внимания уделяется уровню предоставляемого комфорта, в значительной мере определяемого степенью шума в вагонах [1]. Исследования показывают, что длительный шум неблагоприятно воздействует на организм человека. Он нарушает комфорт пассажиров, под его действием возрастает кровяное и внутричерепное давление, изменяется ритм дыхания и сердечной деятельности, понижается кислотность желудочного сока, замедляется процесс пищеварения и т.д. [2].

Как известно, процесс поглощения звуковой энергии преградой происходит вследствие преобразования механической энергии, переносимой молекулами возду-

ха, в тепловую за счет потерь на трение в порах материала. Поэтому в целях звукопоглощения чаще всего применяют пористые и рыхлые волокнистые материалы [3], [4]. Однако они не позволяют в полной мере обеспечить требуемый уровень звукоизоляции. Наибольший интерес представляют современные композиционные материалы на основе нетканых материалов, дублированных фольговыми материалами с нанометаллическими покрытиями. Ранее нами был разработан дублированный материал НО-Л-1А [5], состоящий из нетканой подложки, на одной из сторон которой с помощью термостойкого труднотопящего клея укреплен алюминиевый фольга. Сверху на нее методом магнетронного распыления нанесен слой покрытия,

выполненного из нержавеющей стали, либо титана, хрома, никеля, нитрида титана или нитрида алюминия (рис. 1 – конструкция дублированного материала НО-Л-1 А: а – схема, б – фотография: 1 – подложка из нетканого материала; 2 – трудногорючий клей; 3 – алюминиевая фольга; 4 – слой защитного покрытия, нанесенный магнетронным распылением).

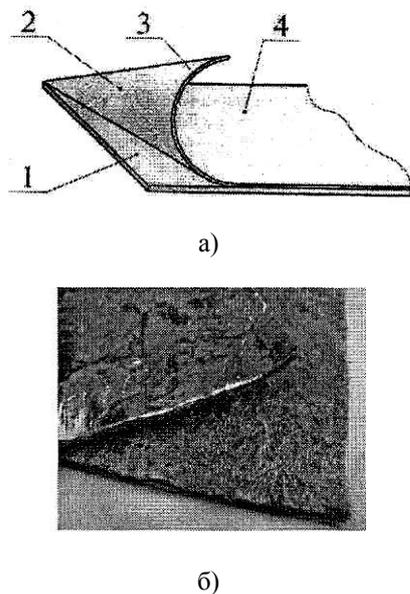


Рис. 1

Преимуществами такого материала являются повышенные теплоотражающие и паронепроницаемые свойства, коррозионная устойчивость и длительный срок эксплуатации. Высокие огнезащитные свойства подложки материала, выполненной из нетканого полотна, обеспечиваются путем его обработки безгалогенным композиционным замедлителем горения "Тезагран-Л". С 2009 г. выпускаются промышленные партии материала НО-Л-1А для вагоностроения по ТУ 8397-006-77518115-07.

Цель данной работы заключалась в определении звукопоглощающих свойств дублированного материала НО-Л-1А в сравнении с применяемым в последние годы для аналогичных задач материалом марки "Огнетекс".

В качестве объектов исследования использовали два образца материала НО-Л-1А, различающиеся между собой поверхностной плотностью и толщиной (522 г/м² при толщине 3 мм и 390 г/м² при толщине 2 мм). Образец сравнения представлял собой нетканый продуваемый материал толщиной 2 мм и поверхностной плотностью 300 г/м² марки "Огнетекс", выпускаемый в соответствии с ТУ 8397-016-47159340-2001.

Определение коэффициентов звукопоглощения исследуемых объектов проводили с помощью низкочастотного интерферометра фирмы Брюль и Кьер (Дания) в диапазоне 100...800 Гц и высокочастотного интерферометра в диапазоне 800...6000 Гц. Диаметр образцов для низкочастотного интерферометра составлял $D_{обр} = 100$ мм, для высокочастотного интерферометра $D_{обр} = 30$ мм.

Очевидно, что звукоизоляционные свойства дублированных материалов НО-Л-1А должны в значительной степени зависеть от размещения их фольгой либо подложкой по отношению к падающей звуковой волне. Интерес представляло исследование обоих вариантов. При проведении эксперимента образцы закрепляли на жесткой стенке. Данные, представленные на рис. 2 (коэффициент звукопоглощения образцов, размещенных на жесткой стенке (материал НО-Л-1А ориентирован фольгой к падающей звуковой волне); а – НО-Л-1А (522 г/м²); б – "Огнетекс"), показывают, что коэффициенты звукопоглощения (а) дублированного материала НО-Л-1А (522 г/м²) и образца "Огнетекс" при размещении их на жесткой стенке волокнистым слоем к падающей звуковой волне в широком диапазоне частот схожи и не превышают значения $\alpha = 0,2$. Только в диапазоне частот $f = 4-6$ кГц величина α достигает величины 0,2...0,4. Это обусловлено тем, что поглощение энергии звуковых волн в данном случае происходит лишь за счет потерь в весьма тонком волокнистом слое.

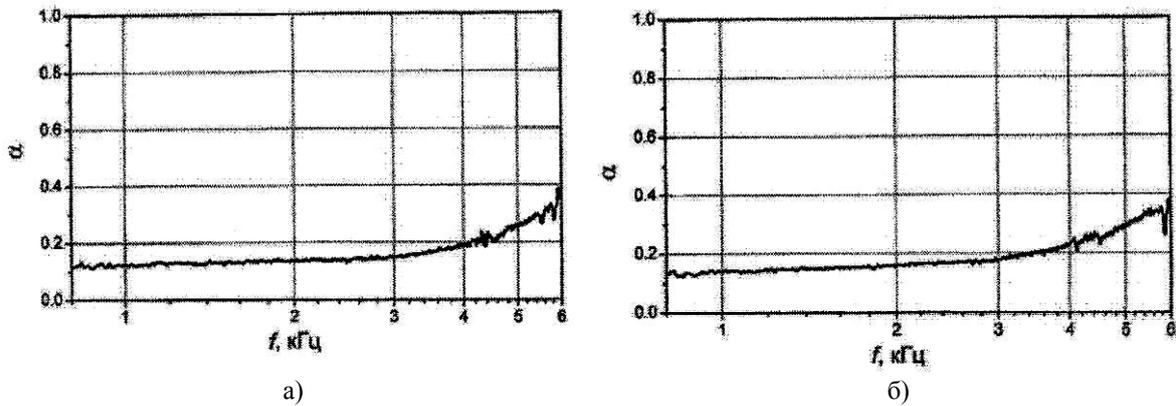


Рис. 2

Напротив, при размещении образца НО-Л-1А (522 г/м^2) на жесткой стенке, но фольгой – к звуковой волне (рис. 3: а – диапазон частот $0,1 \dots 0,8 \text{ кГц}$, б – диапазон частот $0,8 \dots 6 \text{ кГц}$) наблюдается заметное повышение α в области высоких частот $f = 3-6 \text{ кГц}$, где α изменяется в преде-

лах $0,4 \dots 0,9$ (рис. 3-б). В данном случае поглощение энергии звуковых волн обусловлено двумя факторами: колебания непродуваемого слоя фольги (мембранное поглощение) и дополнительные потери в волокнистом слое подложки материала НО-Л-1А.

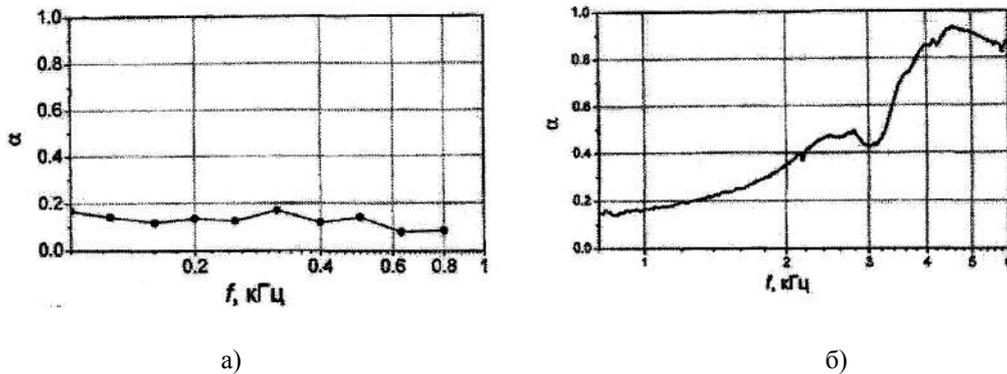


Рис. 3

Важно отметить, что коэффициент поглощения материалом акустических колебаний разной частоты неодинаков. Согласно полученным значениям колебания более высокой частоты поглощаются сильнее (сравн. рис. 3-а и б), что согласуется с результатами из [6].

Из полученных данных следует, что дублированный материал НО-Л-1А при размещении фольгой по направлению к падающей звуковой волне обладает значительно более высокими показателями звукопоглощения по сравнению с материалом "Огнетекс" (сравн. рис. 2-б и рис. 3-б). В случае, когда материал НО-Л-1А направлен подложкой к падающей звуковой волне и для варианта с использованием "Огнетекс" (рис. 2-а и б), низкие значения α

обусловлены тем, что толщина исследуемых образцов ($2 \dots 3 \text{ мм}$) в области низких частот ($100 \dots 1000 \text{ Гц}$) на несколько порядков меньше длины звуковой волны ($\lambda \approx 3,4-0,34 \text{ м}$) и значительно меньше длины волны в высокочастотной области ($1000-6000 \text{ Гц}$), где $\lambda \approx 340-60 \text{ мм}$. Таким образом, сравнение акустических характеристик образцов и выявление лучшего варианта при их размещении на жесткой стенке нетканым материалом по направлению к падающей звуковой волне затруднительно. Учитывая этот факт, с целью надежного сравнения звукопоглощающих свойств образцов было решено за исследуемым образцом создать воздушную полость высотой $h=40 \text{ мм}$ (наиболее приемлемую для обоих интерферометров). Это

обеспечивалось путем фиксации образца на решетке (размер ячеек 10×10 мм, толщина проволоки ≈ 1 мм), прикрепленной в свою очередь к жесткой стенке. Первоначально были определены звукопоглощающие характеристики материала сравнения

"Огнетекс" (рис. 4 – коэффициенты звукопоглощения материала "Огнетекс" при наличии за ним воздушной полости высотой $h = 40$ мм; а – диапазон частот 0,1-0,8 кГц; б – диапазон частот 0,8-6 кГц).

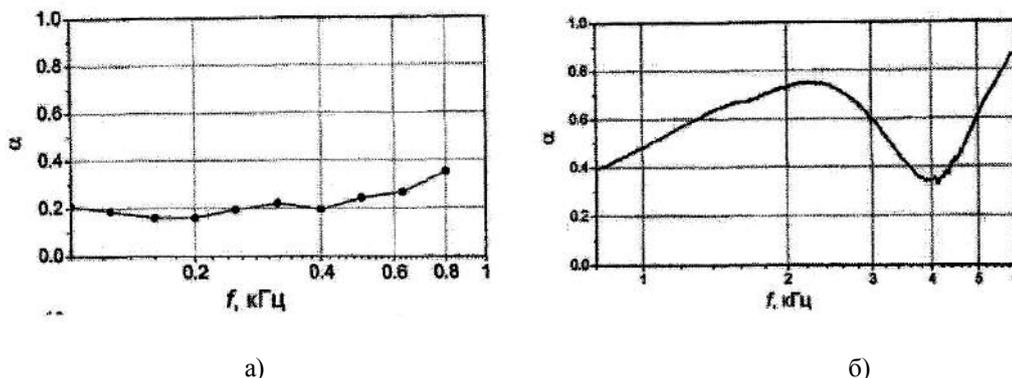


Рис. 4

Размещение материала "Огнетекс" на воздушной полости ($h = 40$ мм) привело к созданию классической резонансной конструкции с максимумом $\alpha \approx 0,7-0,8$ в области частот $f = 2-2,5$ кГц (рис. 4-б). Как правило, частота максимума α в таких конструкциях определяется высотой воздушной полости h . Увеличение h приводит к сдвигу частоты α_{\max} в более низкочастотную область [6].

Несколько отличные характеристики коэффициента звукопоглощения получены при размещении на воздушной полости образцов НО-Л-1А (522 г/м^2) и НО-Л-1А (390 г/м^2) волокнистым слоем к падающей звуковой волне (рис. 5 – коэффициенты звукопоглощения материалов НО-Л-1А при наличии за ними воздушной полости высотой $h = 40$ мм. Подложка направлена к падающей звуковой волне; а – НО-Л-1А (522 г/м^2); б – НО-Л-1А (390 г/м^2)).

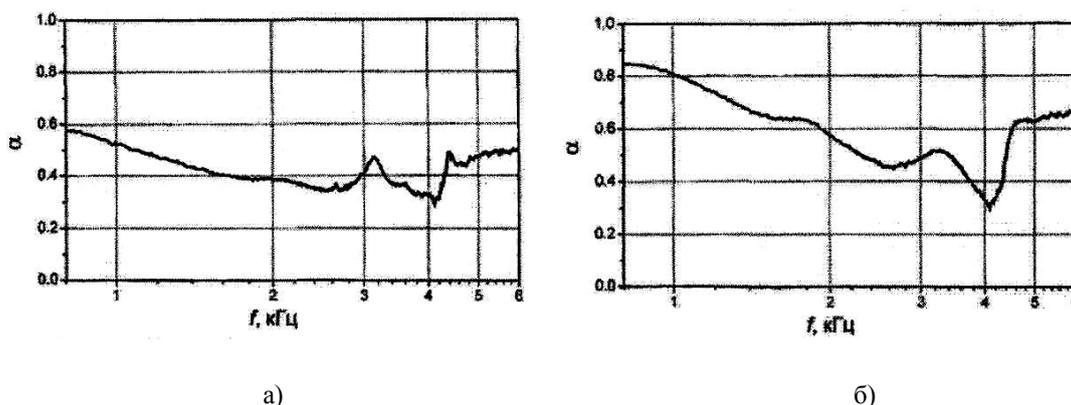


Рис. 5

В этом случае наблюдаются максимумы α в области частот 0,8-1 кГц, несколько различающиеся для исследуемых объектов (сравн. рис. 5-а и б). Это, вероятно, связано с тем, что в процессе поглощения звуковой энергии при таком расположении образцов определенную роль играет сам волокни-

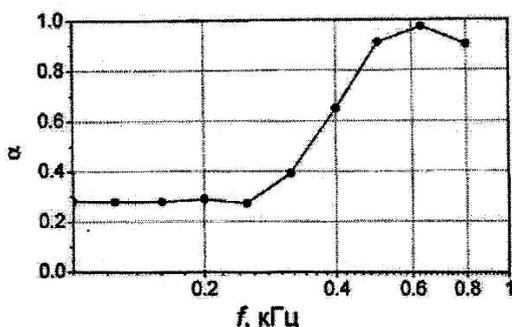
стый слой и дополнительно колебания фольги, задемпфированные волокнистым слоем в разной степени. Менее плотный материал НО-Л-1А (390 г/м^2) допускает более свободные колебания фольги, чем материал НО-Л-1А (522 г/м^2) и тем самым определяет несколько большее значение

$\alpha_{\max} \approx 0,8$ (рис. 5-б) по сравнению с $\alpha_{\max} \approx 0,6$ (рис. 5-а).

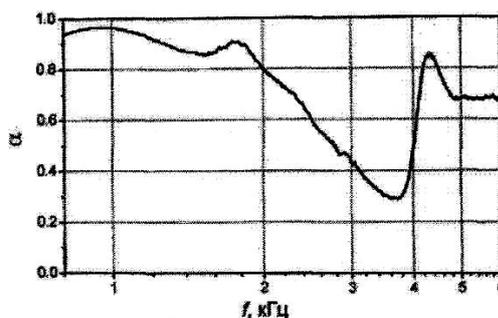
Сравнивая данные рис. 4 и 5, можно сделать вывод о том, что при размещении дублированных материалов НО-Л-1А на воздушной полости подложкой по направлению к падающей звуковой волне уровень звукопоглощения сопоставим с материалом "Огнетекс", но основные максимумы сдвинуты в коротковолновую область.

При размещении материала НО-Л-1А (522 г/м^2) фольгой к падающей звуковой волне (при наличии воздушной полости) наблюдается значительное увеличение ко-

эффициента звукопоглощения, достигающего $\alpha_{\max} \approx 1$, и величины $\alpha \geq 0,8$ в широком диапазоне частот $f = 0,4-2 \text{ кГц}$ (рис. 6-а и б – коэффициенты звукопоглощения материала НО-Л-1А (522 г/м^2) при наличии за ним воздушной полости высотой $h = 40 \text{ мм}$. Фольга направлена к падающей звуковой волне; а – диапазон частот $0,1-0,8 \text{ кГц}$; б – диапазон частот $0,8-6 \text{ кГц}$). Кроме того, имеется дополнительный максимум $\alpha=0,6-0,7$ в области высоких частот $f = 4-6 \text{ кГц}$ (рис. 6-б).



а)

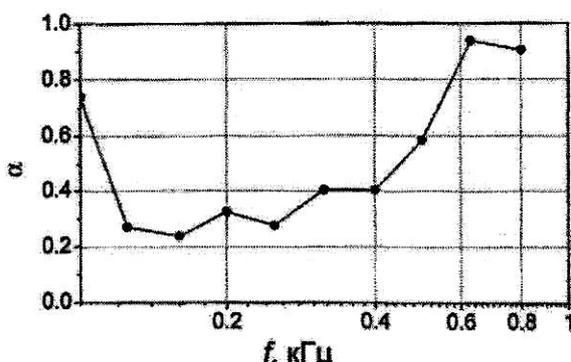


б)

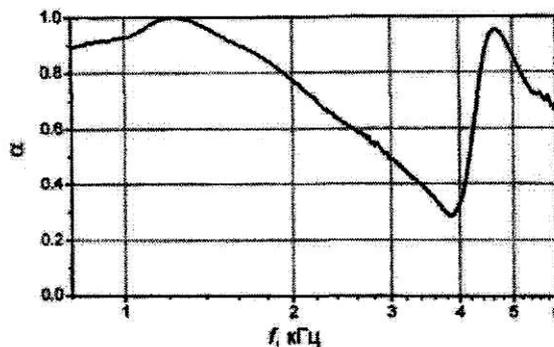
Рис. 6

Аналогичная картина наблюдается для более тонкого образца НО-Л-1А (390 г/м^2), расположенного фольгой к звуковой волне, на воздушной полости высотой $h=40 \text{ мм}$ (рис. 7 – коэффициенты звукопоглощения материала НО-Л-1А (390 г/м^2))

при наличии за ним воздушной полости высотой $h = 40 \text{ мм}$. Фольга направлена к падающей звуковой волне; а – диапазон частот $0,1-0,8 \text{ кГц}$; б – диапазон частот $0,8-6 \text{ кГц}$).



а)



б)

Рис. 7

Представленные результаты свидетельствуют о том, что первый максимум $\alpha_{\max} \approx 1$ и $\alpha \geq 0,8$, также как и в случае с использо-

ванием материала НО-Л-1А (522 г/м^2), наблюдаются в диапазоне частот $f \approx 0,6-2 \text{ кГц}$, второй максимум достигает величины $0,9$ в

высокочастотной области. Такое сходство характеристик α двух материалов НО-Л-1А (522 г/м²) и НО-Л-1А (390 г/м²) позволяет предположить, что основным механизмом, определяющим потери звуковой энергии, в этом случае являются колебания фольги (мембранный эффект), воздействующие на воздушный столб.

На практике воздушная полость необходимой высоты может быть получена путем дублирования материала НО-Л-1А (со стороны нетканого слоя) материалом, имеющим сотовую структуру, например, алюминиевым сотовым наполнителем (рис. 8).

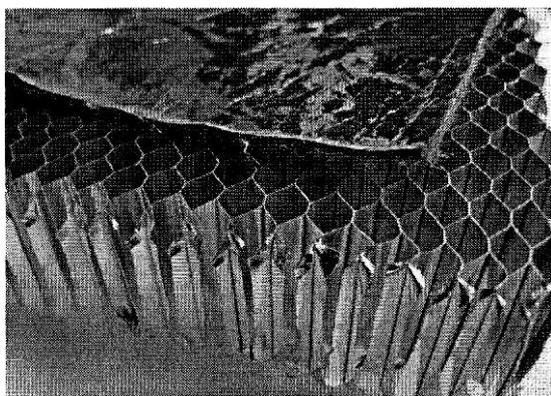


Рис. 8

Проведенные в Тверском институте вагоностроения испытания на натурном фрагменте потолка большого коридора вагона модели 61-4440, установленного на специальном приспособлении, позволяющем имитировать его крепление на вагоне и установку на вибростенд, показали значительное преимущество по звукопоглощающей способности дублированных материалов НО-Л-1А в сравнении с "Огнетекс".

ВЫВОДЫ

1. Установлено, что значения коэффициента звукопоглощения дублированных материалов НО-Л-1А существенно зависят от их размещения (подложкой либо фольгой) по отношению к падающей звуковой волне.

2. Обоснована целесообразность установки звукоизоляционных материалов НО-Л-1А с наличием воздушной полости, что позволяет повысить α до 0,8...1 в широком диапазоне частот.

3. Показано, что при размещении объектов исследования как на жесткой стенке, так и при наличии воздушной полости между ними и жесткой стенкой, в случае дублированных материалов НО-Л-1А, ориентированных фольгой по направлению к падающей звуковой волне, достигаемые значения α существенно превосходят показатели образца сравнения "Огнетекс".

4. Расчетным путем установлено, что для серийно выпускаемого дублированного материала НО-Л-1А толщиной 3 мм наиболее оптимально использовать подложку из сотовой конструкции толщиной 5...15 мм (обеспечивающую наличие воздушной полости), что легко реализуется с технологической точки зрения.

ЛИТЕРАТУРА

1. R. Kube. Progressive Railroading. – 2000, № 5. P. 50, 52, 54...56.
2. Белов С.В. Безопасность жизнедеятельности. – М.: Высшая школа, 1999.
3. Безопасность жизнедеятельности. Безопасность технологических процессов и производств (Охрана труда): Учеб. пособие для вузов / П.П. Кукин, В.Л. Лапин, Е.А. Подгорных и др. – М.: Высшая школа, 1999.
4. Бобин Е.В. Борьба с шумом и вибрацией на железнодорожном транспорте. – Изд. 3-е, перераб. и доп. – М.: Транспорт, 1973.
5. Пат. 83525 Российская Федерация, МКИ Е 04 В 1/74. Защитный труднотгорючий экран. Сачков О.В., Юдаева О.С. - № 2008151623, заявл. 26.12.2008; опубл. 10.06.2009, Бюл. №16.-5с.
6. Siebald H. et al. Glasers Annalen, Tagungsband. – 2002. S. 154...160.

Рекомендована кафедрой технологии текстильных изделий ИГТА. Поступила 04.06.10.