

УДК 004.422.83

В.М. Тонконогий, д-р техн. наук, И.С. Синько, канд. техн. наук,  
И.Т. Корнешук, Одесса, Украина

## **АВТОМАТИЗИРОВАННОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПОМЕЩЕНИЙ СО СПЕЦИАЛЬНЫМИ АКУСТИЧЕСКИМИ СВОЙСТВАМИ**

*У статті розглядається створення класифікації акустичних матеріалів для розробки бази даних. База даних акустичних матеріалів необхідна для проектування приміщень з акустичними властивостями. Розроблені класифікація та база даних акустичних матеріалів дозволяють полегшити розрахунок і проектування промислових приміщень та будівель багатопільового призначення.*

*В статье рассматривается создание классификации акустических материалов для разработки базы данных. База данных акустических материалов необходима для проектирования помещений с акустическими свойствами. Разработанные классификация и база данных акустических материалов позволяют облегчить расчет и проектирование промышленных помещений и зданий многоцелевого назначения.*

*In the article creation of classification of acoustic materials is examined for development of database. The base of these acoustic materials is needed for planning of apartments with acoustic properties. The developed classification and base of these acoustic materials allow to facilitate a calculation and planning industrial apartments and building for many aims of setting.*

При проектировании зданий с акустическими свойствами архитекторам приходится учитывать множество дополнительных моментов, не свойственных обычным зданиям. В процессе проектирования таких помещений необходимо учитывать такие моменты, как возникновение эффекта эха, которое может значительно повлиять на качество звука в помещении. Кроме возникновения эффекта эха также нужно учитывать уровень звукового давления в точках приема звука (например, расположенных зрителей в зале). Эти факторы являются очень важными для определения качества звука в помещении, что влияет на особенности проведения проектных работ зданий с акустическими свойствами. Автоматизация проектирования зданий со специальными акустическими свойствами, несомненно, повысит производительность этого процесса.

Качество звука в помещении зависит не только от его геометрических параметров, но и от свойств материалов, участвующих при строительстве и отделке. В процессе разработки программного продукта проектирования помещений с акустическими свойствами, возникла необходимость в создании базы данных акустических материалов. Для повышения уровня эффективности работы базы данных и достижения максимальной ее

информативности при проектировании помещений свойства акустических материалов должны быть описаны достаточно детально, а сама база данных обязана отвечать на вопрос, какие из материалов наиболее применимы и в какой части помещения [1]. Исходя из этого, необходимо разработать подробную классификацию материалов, подходящих для проектирования помещений с акустическими свойствами. Для разработки классификации был выбран иерархический метод, при котором заданное множество последовательно делится на подчиненные подмножества, постепенно конкретизируя объект классификации. При этом основанием деления служит некоторый выбранный признак. Совокупность получившихся группировок при этом образует иерархическую древовидную структуру в виде ветвящегося графа, узлами которого являются группировки. Основными преимуществами иерархического метода является большая информационная емкость, традиционность и привычность применения, возможность создания для объектов классификации мнемонических кодов, несущих смысловую нагрузку.

Цель работы заключается в разработке классификации акустических материалов, позволяющей создать базу данных этих материалов для проектирования помещений с акустическими параметрами.

Классификация акустических материалов построена на принципе функционального назначения этих материалов. Акустические материалы подразделяют на [2, 3]:

а) звукопоглощающие, предназначенные для применения в конструкциях звукопоглощающих облицовок внутренних помещений и для отдельных звукопоглотителей для снижения звукового давления в помещениях производственных и общественных зданий;

б) звукоизолирующие, применяющиеся как прокладки в многослойных защищающих конструкциях для улучшения изоляции ограждений от ударного и воздушного звуков;

в) вибропоглощающие, предназначенные для ослабления колебаний, которые распространяются по жестким конструкциям (преимущественно тонким) для снижения излучаемого ими звука.

Звукопоглощающие материалы, в соответствии с действующим стандартом, классифицируются по следующим основным признакам: эффективности, форме, жесткости (величине относительного сжатия), структуре и воспламеняемости.

Формой звукопоглощающие материалы и изделия подразделяют на штучные (блоки, плиты); рулонные (маты, полосовые прокладки, холсты); рыхлые и сыпучие (вата минеральная и стеклянная, керамзит, вспученный перлит и другие пористые зернистые материалы).

По жесткости эти материалы и изделия подразделяют на мягкие, полужесткие, жесткие и твердые.

По структурным признакам звукопоглощающие материалы и изделия подразделяют на пористо-волокнистые, пористо-ячеистые (из ячеистого бетона и перлита) и пористо-губчатые (пенопласты, резины).

По воспламеняемости, как и все строительные материалы, акустические материалы и изделия, подразделяют на три группы: несгораемые, трудносгораемые и сгораемые.

Сравнивая классификационные признаки звукопоглощающих материалов и изделий, можно видеть их общность, что лишний раз подчеркивает идентичность задачи при производстве этих материалов. Однако следует отметить, что для придания высоких показателей функциональных свойств данным материалам и изделиям необходимо применять разные технологические приемы, которые позволяют образовывать нужную для того или другого случая пористую структуру.

По эффективности звукопоглощающие материалы и изделия подразделяют на три класса: 1-й класс – свыше 0,8; 2-й класс – от 0,8 до 0,4; 3-й класс – от 0,4 до 0,2 (табл. 1). В основу такого деления положена величина среднеарифметического реверберационного коэффициента, которым характеризуется материал в каждом из диапазонов частот, указанных в табл. 2.

Таблица 1

Звукопоглощающие материалы				
эффективность	форма	жесткость	структура	воспламеняемость
1-й класс свыше 0,8	штучные	мягкие	пористо-волокнистые	несгораемые
2-й класс от 0,8 до 0,4	рулонные	полужесткие	пористо-ячеистые	трудносгораемые
3-й класс от 0,4 до 0,2	рыхлые	жесткие	пористо-губчатые	сгораемые
	сыпучие	твердые		

Таблица 2 – Классификация частоты октавных полос

Наименование диапазона частот	Обозначение диапазона частот	Среднегеометрические частоты октавных полос, Гц
Низкочастотный	Н	100, 125, 160, 200, 250, 315
Среднечастотный	С	400, 500, 630, 800, 1000, 1250
Высокочастотный	В	1600, 2000, 2500 3150, 4000, 5000

Звукоизоляционные материалы различают по структуре, форме и жесткости. По форме звукоизоляционные материалы подразделяют на

штучные (ленточные, полосовые и штучные прокладки, маты, плиты) и сыпучие (керамзит, доменный шлак, песок) [4, 5].

По структуре звукоизоляционные изделия (материалы) подразделяют на: пористо-волокнистые, которые изготавливаются из минеральной и стеклянной ваты в виде мягких, полужестких и жестких изделий прокладок со средней плотностью от 75 до 175 кг/м<sup>3</sup> и динамическим модулем упругости не больше 0,5 Мпа при нагрузке 0,002 Мпа; пористо-губчатые, которые изготавливаются из пенопластов и пористой резины и характеризуются от 1,0 до 5,0 Мпа. Динамический модуль упругости зернистых засыпок не должен превышать 15 Мпа (табл. 3).

Таблица 3

Звукоизоляционные материалы		
форма	жесткость	структура
штучные	мягкие	пористо-волокнистые
сыпучие	полужесткие	пористо-губчатые
	жесткие	

Таким образом, звукопоглощающие и звукоизоляционные материалы должны обладать повышенной способностью поглощать и рассеивать звуковые волны. Кроме того, звукопоглощающие и звукоизоляционные материалы и изделия должны обладать стабильными физико-механическими и акустическими свойствами на протяжении всего периода эксплуатации; быть био- и влагостойкими; не выделять в окружающую среду вредных веществ. Звукопоглощающие изделия, как правило, должны обладать высокими декоративными свойствами, поскольку их одновременно используют и для обработки внутренних поверхностей ограждений зданий.

К вибропоглощающим покрытиям относятся вязкоупругие материалы. Например, пористая резина, а также базальт-волокнистые плиты, которые легко сжимаются по толщине. В этом случае при классификации вибропоглощающих покрытий относительно вида деформации, которая определяет механизм поглощения вибрации, преимущество отдается [6]:

— покрытиям, в которых колебательная энергия поглощается в результате деформации растягивания и сжатия вдоль демпфирующей прослойки;

— покрытиям, в которых энергия поглощается в основном в результате колебаний направленных перпендикулярно прослойке;

— комбинированным покрытиям (табл. 4).

Таблица 4

Вибропоглощающие материалы		
Вид деформации		
колебательная энергия поглощается в результате деформации растягивания и сжатия вдоль демпфирующей прослойки	энергия поглощается в основном в результате колебаний направленных перпендикулярно прослойке	комбинированный вид поглощения энергии

Рассмотрим свойства акустических материалов. По механизму звукопоглощения все звукопоглощающие материалы делят на пористые и резонансные поглотители. Механизм звукопоглощения этих разновидностей различный. В пористых поглотителях звук гасится за счет вязкого трения воздуха о стены пор и преобразования части звуковой энергии вследствие этого в теплоту. Потери звуковой энергии происходят также благодаря формации скелета материала и его активного сопротивления вынужденным колебаниям, которые возникают под давлением звуковых волн. Поэтому пористые поглотители с жестким скелетом (фибролит, пеностекло, ячеистые бетоны, акустические штукатурки и др.), гасящие звук только за счет вязкого трения воздуха о стены пор, менее эффективные, чем пористые поглотители с гибким скелетом (минераловатные, стекловолоконистые изделия, древесно-волоконистые материалы и др.). Резонансные поглотители имеют воздушную полость, соединенную отверстием с окружающей средой. Воздух в резонаторе выполняет роль механической колебательной системы, состоящей из элементов массы, упругости и демпфирования.

Звуковая энергия, падающая на плотный материал, поглощается тем меньше, чем выше плотность материала. Это происходит из-за отражения звуковой энергии от поверхности материала. Отражение звуковых волн уменьшается, когда сопротивление материала падающей звуковой волне приближается к удельному сопротивлению воздуха, то есть когда увеличивается содержание воздуха в материале (его пористость).

**Выводы:** В статье впервые выполнена подробная классификация акустических материалов по их функциональному значению, которая позволяет создать базу данных этого вида материалов. База данных акустических материалов планируется использоваться при проектировании закрытых и открытых помещений с акустическими свойствами [7, 8].

**Список использованных источников:** 1. *Малыхина М.П.* Базы данных: основы проектирование использование, изд. БХВ – Петербург, 2007г. – 230 с. 2. Руководство по акустическому проектированию залов многоцелевого значения средней вместимости.: – М.: Стройиздат, 1981. – 47 с. 3. *Ковригин С. Д.* Архитектурно-строительная акустика – Москва: «Высшая школа», 1980. – 124 с. 4. *Макрыненко Л. И.* Акустика помещений общественных зданий – Москва: Стройиздат,

1986. – 280 с. **5.** *Рейхардт В.* Акустика общественных зданий – Москва: Стройиздат, 1984. – 130 с. **6.** *Хрипунов Ю.Д., Гнедовский Ю. П. i in.* Архитектура советского театра – Москва: Стройиздат, 1986г. – 358 с. **7.** *Синько И.С., Молчан Е.Г.* Акустические свойства промышленных помещений и зданий многоцелевого назначения. Проблемы техники. Наук.-ви́роб. журн. / Одес. нац. мор. ун-т, Хмельн. нац. ун-т. – Одеса, 2014. – №2. – С. 90-96. **8.** *Б.В. Лебедев, И.С. Синько.* Автоматизированный расчет освещения помещений. Проблемы техники. Наук.-ви́роб. журн. / Одес. нац. мор. ун-т, Хмельн. нац. ун-т. – Одеса, 2011. – №2. – С. 64-69.

**Bibliography (transliterated):** 1. Malyhina M.P. Bazy danyh: osnovy proektirovanie ispol'zovanie, izd. BHV – Peterburg, 2007g. – 230 s. 2. Rukovodstvo po akusticheskomu proektirovaniju zalov mnogocелеvogo znachenija srednej vmestimosti.: – М.: Strojizdat, 1981. – 47 s. 3. Kovrigin S. D. Arhitekturno-stroitel'naja akustika – Moskva: «Vysshaja shkola», 1980. – 124 s. 4. Makrinenko L. I. Akustika pomeshhenij obshhestvennyh zdaniy – Moskva: Strojizdat, 1986. – 280 s. 5. Rejhardt V. Akustika obshhestvennyh zdaniy – Moskva: Strojizdat, 1984. – 130 s. 6. Hriputnov Ju.D., Gnedovskij Ju. P. i in. Arhitektura sovetskogo teatra – Moskva: Strojizdat, 1986g. – 358 s. 7. Sin'ko I.S., Molchan E.G. Akusticheskie svoystva promyshlennyh pomeshhenij i zdaniy mnogocелеvogo naznachenija. Problemi tehniki. Nauk.-virob. zhurn. / Odes. nac. mor. un-t, Hmel'n. nac. un-t. – Odesa, 2014. – №2. – S. 90-96. 8. B.V. Lebedev, I.S. Sin'ko. Avtomatizirovannyj raschet osveshhenija pomeshhenij. Problemi tehniki. Nauk.-virob. zhurn. / Odes. nac. mor. un-t, Hmel'n. nac. un-t. – Odesa, 2011. – №2. – S. 64-69.