

ПОЖАРОВЗРЫВБЕЗОПАСНОСТЬ/FIRE AND EXPLOSION SAFETY. 2021. Т. 30. № 6. С. 13–23
 POZHAROVZRYVOBEZOPASNOST/FIRE AND EXPLOSION SAFETY. 2021; 30(6):13-23

НАУЧНАЯ СТАТЬЯ / RESEARCH PAPER

УДК: 614.841.22

<https://doi.org/10.22227/0869-7493.2021.30.06.13-23>

Пожаробезопасное применение акустических материалов в зданиях культурно-зрелищного назначения

Наталья Ивановна Константинова✉, Николай Васильевич Смирнов,
 Андрей Владимирович Зубань, Ольга Петровна Зубань

Всероссийский ордена «Знак Почета» научно-исследовательский институт противопожарной обороны
 Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям
 и ликвидации последствий стихийных бедствий, Московская обл., г. Балашиха, Россия

АННОТАЦИЯ

Введение. В театральных и концертных залах создание акустической среды достигается, в том числе, за счет применения панелей для стен и потолков со специальными свойствами звукопоглощения. Однако современные материалы с необходимым уровнем акустических свойств зачастую не обеспечивают их соответствие существующим требованиям нормативных документов по пожарной безопасности.

Проблематика вопроса. К наиболее эффективным по звукопоглощению и с широкой возможностью обеспечения высококачественного дизайнерского оформления зрительных залов относятся современные акустические панели на основе минеральных волокон.

Несмотря на негорючую основу, высокие акустические свойства таких декоративных изделий обеспечиваются дополнительным использованием комплекса материалов различного химического состава, строения и физико-механических свойств, которые в совокупности несколько снижают их пожарную безопасность.

Из-за отсутствия требований пожарной безопасности, предъявляемых к специальным материалам, выполняющим функции звукопоглощения, возможность их применения в зрительных залах зданий и сооружений подтверждается, как правило, соответствием требованиям к традиционным декоративно-отделочным материалам. Вместе с тем, применение высокоэффективных акустических материалов затрудняется достаточно жесткими требованиями пожарной безопасности к декоративно-отделочным материалам стен и потолков. Целью настоящей работы являлось проведение аналитических исследований по существующему нормативному обеспечению пожаробезопасного применения акустических материалов, выполнение сравнительных экспериментальных исследований по оценке их пожарно-технических характеристик для установления возможности разработки предложений по совершенствованию их допустимого использования в помещениях и залах культурно-зрелищных объектов.

Результаты и их обсуждение. На основе аналитических исследований установлены наиболее эффективные звукопоглощающие отделочные материалы пониженной пожарной опасности — минераловатные изделия из стекловолокна или каменной ваты. Проведены сравнительные экспериментальные исследования комплекса показателей пожарной опасности акустических декоративных материалов на основе минеральных волокон с целью возможной их регламентации для пожаробезопасного применения в общественных зрительных залах.

Выявлена целесообразность установления требований к акустическим материалам для стен и потолков в качестве изменений в действующие нормативно-технические документы по пожарной безопасности.

Выводы. Разработаны предложения по внесению изменений в действующие нормативно-технические документы по пожарной безопасности, в частности, сформулированы отдельные требования к акустическим материалам для стен и потолков зальных помещений.

Ключевые слова: звукоизоляция; звукопоглощение; минераловолокнистые материалы; декоративно-отделочные материалы; показатели пожарной опасности

Для цитирования: Константинова Н.И., Смирнов Н.В., Зубань А.В., Зубань О.П. Пожаробезопасное применение акустических материалов в зданиях культурно-зрелищного назначения // Пожаровзрывобезопасность/Fire and Explosion Safety. 2021. Т. 30. № 6. С. 13–23. DOI: 10.22227/0869-7493.2021.30.06.13-23

✉ Константинова Наталья Ивановна, e-mail: konstantinova_n@inbox.ru

The fire-safe application of acoustic materials in cultural and entertainment buildings

Nataliya I. Konstantinova✉, Nikolay V. Smirnov, Andrey V. Zuban, Olga P. Zuban

All-Russian Research Institute for Fire Protection of Ministry of Russian Federation for Civil Defense, Emergencies and Elimination of Consequences of Natural Disasters, Balashikha, Moscow Region, Russian Federation

ABSTRACT

Introduction. In theatre and concert halls, acoustic environments are created, among other things, by wall and ceiling panels, that have special sound absorption properties. However, modern materials demonstrating the required acoustic properties do not necessarily comply with effective fire safety regulations.

Aims and purposes. Modern acoustic panels, made of mineral fibers, are among the most effective ones in terms of sound absorption; they also provide wide opportunities for the high-quality design of auditoriums.

Despite the non-combustible basic component, high acoustic performance of such decorative items is attained thanks to a set of supplementary materials that have different chemical compositions, structures, physical and mechanical properties, which, in the aggregate, slightly reduce fire safety.

Due to the lack of fire safety requirements applicable to special materials that perform the function of sound absorption, their usability in auditoriums of buildings and structures is confirmed, as a rule, according to the standards that apply to traditional decorative and finishing materials. At the same time, the use of high-performance acoustic materials is problematic due to rather strict fire safety requirements for decorative and finishing materials designated for walls and ceilings.

The purpose of this work is to conduct analytical studies on the effective regulatory framework of the fire-safe use of acoustic materials, perform comparative experimental studies on the assessment of their fire-technical characteristics to study the feasibility of drafting proposals on their acceptable use on the premises and in the halls of cultural and entertainment facilities.

Results and discussion. Analytical studies were conducted to identify the most effective sound-absorbing finishing materials that feature lower fire hazards. They are mineral wool products made of glass fiber or stone wool.

A set of fire hazard indicators, typical for acoustic decorative materials, made of mineral fibers, were subject to comparative experimental studies for the purpose of their legitimate fire-safe use in public auditoriums.

The co-authors found that the requirements, applicable to acoustic materials designated for walls and ceilings, can be issued as amendments to effective regulatory and technical documents on fire safety.

Conclusions. The co-authors proposed amendments to effective fire safety regulations in respect of the requirements applicable to acoustic materials designated for walls and ceilings of auditoriums.

Keywords: sound insulation; sound absorption; mineral fiber materials; decorative and finishing materials; fire hazard indicators

For citation: Konstantinova N.I., Smirnov N.V., Zuban A.V., Zuban O.P. The fire-safe application of acoustic materials in cultural and entertainment buildings. *Pozharovzryvobezopasnost/Fire and Explosion Safety*. 2021; 30(6):13-23. DOI: 10.22227/0869-7493.2021.30.06.13-23 (rus).

✉ Nataliya Ivanovna Konstantinova, e-mail: konstantinova_n@inbox.ru

Введение

При проектировании, строительстве и реконструкции культурно-зрелищных объектов, к числу которых относятся театры и концертные залы, повышенное внимание уделяется вопросам звуко- и виброизоляции, а также необходимости создания определенной акустической среды. Акустическая среда и хороший звук как основные функциональные составляющие в зрительных или репетиционных залах, обеспечиваются в том числе использованием конструкций с материалами, способными уменьшать энергию звуковых волн и снижать уровень громкости внутреннего или внешнего звука.

Согласно ГОСТ 23499–2009¹, существует специальная классификация строительных акустических материалов и изделий по множеству признаков, одним из которых является класс звукопоглощения, учитывающийся при установлении конкретных требований к параметрам акустической среды залов и помещений в зависимости от основного функционального назначения (например, залы оперных, драматических театров, многофункциональные залы и т.п.).

¹ ГОСТ 23499–2009. Материалы и изделия звукоизоляционные и звукопоглощающие строительные. Общие технические условия: принят Межгосударственной научно-технической комиссией по стандартизации, техническому нормированию и сертификации в строительстве (протокол № 36 от 21 октября 2009 г.).

Эффективность звукоизолирующих свойств основывается на возможности отражения звуковых волн от поверхности изделия, поглощении им звуковых волн и гашении ударного или воздушного шума за счет деформации элементов конструкции и материалов, из которых оно изготовлено. В современных дизайнерских проектах театральных и концертных залов отражение и рассеивание звука обычно происходит за счет применения специальных декоративно-отделочных панелей стен и потолков, расположенных согласно акустическому проекту помещения.

Проблематика вопроса

Требования пожарной безопасности, изложенные в ст. 134 и табл. 28, 29 Федерального закона № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» (в ред. Федеральных законов от 10 июля 2012 г. № 117-ФЗ и от 2 июля 2013 г. № 185-ФЗ)² (далее — ФЗ), распространяются на традиционные декоративно-отделочные, облицовочные материалы и покрытия полов на путях

² Технический регламент о требованиях пожарной безопасности от 22 июля 2008 г. № 123-ФЗ : Федеральный закон принят Государственной Думой 4 июля 2008 г.; одобрен Советом Федерации 11 июля 2008 г.

эвакуации и в зальных помещениях. Акустические материалы являются специальными материалами, выполняющими звукопоглощающие и звукоизоляционные функции, и требования пожарной безопасности к ним в ФЗ напрямую не установлены.

Тем не менее при решении вопросов обязательного подтверждения соответствия требованиям пожарной безопасности и возможности применения требуемых по акустическим параметрам материалов для залов могут использоваться общие положения ФЗ № 123 (табл. 28, 29) относительно декоративно-отделочных и облицовочных материалов на соответствие показателей пожарной опасности с учетом функциональной пожарной опасности зданий (помещений), вместимости зальных помещений.

Согласно обязательным требованиям, изложенным в ФЗ (табл. 29), в зданиях функциональной пожарной опасности Ф 1.2; Ф 2.3; Ф 2.4; Ф 3.1; Ф 3.2; Ф 3.6; Ф 4.2; Ф 4.3; Ф 4.4; Ф 5.1 допускаются к применению в качестве декоративно-отделочных и облицовочных материалов для стен и потолков материалы группы горючести НГ (негорючие) при вместимости зального помещения более 800 человек; Г1, В1, Д2, Т2 — при вместимости более 300, но не более 800 человек; класса КМ2 — при вместимости более 50, но не более 300 человек; не выше Г2, В2, Д3, Т2 — при вместимости не более 50 человек. В зданиях функциональной пожарной опасности Ф 1.1; Ф 2.1; Ф 2.2; Ф 3.3; Ф 3.4; Ф 3.5; Ф 4.1 допускаются к применению в качестве декоративно-отделочных и облицовочных материалов для стен и потолков материалы группы горючести НГ при вместимости зального помещения более 300 человек; не выше Г1, В1, Д2, Т2 — при вместимости более 15, но не более 300 человек; не выше Г2, В2, Д3, Т2 — при вместимости не более 15 человек.

Вместе с тем, согласно положениям СП 309.1325800.2017 «Здания театрально-зрелищные. Правила проектирования»³ для устройства в панелях для стен и потолков зрительных залов предусмотрено применение материалов со специальными акустическими свойствами не выше Г1, В1, Д2, Т2.

Тем не менее при решении вопросов обязательного подтверждения соответствия требованиям пожарной безопасности и возможности применения требуемых по акустическим параметрам материалов для залов могут использоваться общие положения ФЗ № 123 (табл. 28, 29) относительно декоративно-отделочных и облицовочных материалов на со-

ответствие показателей пожарной опасности с учетом функциональной пожарной опасности зданий (помещений), вместимости зальных помещений.

Таким образом, действующие требования, предъявляемые к показателям пожарной опасности декоративной отделки и облицовки стен и потолков помещений и залов театрально-концертных зданий и сооружений, во многом затрудняют применение высококачественных материалов и конструкций с требуемыми акустическими свойствами при их проектировании, строительстве, реконструкции или ремонте. В связи с этим, актуальным и правомерным становится решение ряда вопросов пожаробезопасного использования современных материалов с высоким уровнем комплекса акустических свойств в помещениях и залах оперных и драматических театров, консерваторий и др.

Целью настоящей работы являлось проведение аналитических исследований по существующему нормативному обеспечению пожаробезопасного применения акустических декоративно-отделочных материалов, выполнение сравнительных экспериментальных исследований по оценке пожарнотехнических характеристик для установления возможности разработки предложений по совершенствованию их безопасного использования в помещениях и залах зрелищных объектов.

Результаты и их обсуждение

Строительные звукоизоляционные и звукопоглощающие декоративные отделочные, облицовочные материалы и конструкции (композиции) включают в себя многообразие видов и типов, способных снижать уровень шума или активно поглощать звук.

К ним могут относиться жесткие древесноволокнистые плиты, звуконепроницаемые ткани, пеностекло, пенобетон, различного типа акустические штукатурки, вспененные полимеры, минеральная и стеклянная вата, гипсоволокнистая продукция или сочетание в конструктивных элементах указанных материалов и др., имеющих различную эффективность звукопоглощения и, следовательно, область применения [1, 2].

Вопросам совершенствования различных свойств основных применяемых в практике строительства натуральных и синтетических (целенаправленно искусственно созданных в результате химических процессов и технологий) акустических материалов посвящен ряд исследовательских работ отечественных и зарубежных авторов [3–7].

При выборе акустических материалов в зависимости от назначения помещения применяют комплексный подход, изучая геометрическое пространство звуковых волн в помещении, их отражение и поглощение поверхностями, проводят

³ Здания театрально-зрелищные. Правила проектирования: (СП 309.1325800.2017) : утвержден приказом Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации от 29 августа 2017 г. № 1179/пр и введен в действие с 2 марта 2018 г.

расчеты по обеспечению оптимального времени реверберации и выбирают отделочные материалы, учитывая их характеристики и экологию [8–13].

Важным обстоятельством, ввиду необходимости выполнения существующих нормативных требований пожарной безопасности при выборе акустических материалов для зальных помещений, являются их пожарно-технические характеристики. Наименее пожароопасными являются акустические материалы на основе неорганических соединений, однако при их использовании не всегда возможно обеспечить требуемые звукоизоляцию и шумопоглощение, а также необходимый декоративный вид.

В табл. 1 приведены основные характеристики и сравнительные значения коэффициента звукопоглощения при частоте 1000 Гц основных типов звукопоглощающих материалов пониженной горючести, применяемых для устройства конструкций шумопоглощения в зданиях и сооружениях.

Как следует из табл. 1, одними из самых эффективных звукопоглощающих материалов пониженной пожарной опасности, имеющими высокие значения коэффициента звукопоглощения, являются минераловатные изделия из стекловолокна или каменной ваты.

В соответствии с п. 13.1 СП 51.13330-2011 «Защита от шума»⁴, в зальных помещениях нормируется показатель времени реверберации (гулкости) в зависимости от их объема. Требования данного СП относятся к залам ожидания транспортных сооружений, стадионам и спортивным аренам, зрительным залам, включая кинозалы, актовым залам школ и другим зальным помещениям. Время реверберации в основном зависит от объема зала и от общего фонда звукопоглощения в нем. При этом для перечислен-

⁴ Защита от шума (актуализированная редакция СНиП 23-03-2003) (СП 51.13330-2011) : утвержден приказом Министерства регионального развития Российской Федерации (Минрегион России) от 28 декабря 2010 г. № 825 и введен в действие с 20 мая 2011 г.

Таблица 1. Основные характеристики некоторых видов звукопоглощающих материалов пониженной горючести

Table 1. The main characteristics of several types of sound absorbing materials having reduced combustibility

Наименование материала Material name	Толщина b и (или) плотность ρ Thickness b and (or) density ρ	α при частоте 1000 Гц α at the frequency of 1,000 Hz	Группа горючести (ГОСТ 30244) Combustibility group (GOST 30244)	
			Метод 1 Method 1	Метод 2 Method 2
Штукатурка гипсовая ГОСТ 31377–2008 Gypsum plaster GOST 31377–2008	$b = 10$ мм, $\rho = 1250\text{--}1450$ кг/м ³ (в уплотненном виде) $b = 10$ mm, $\rho = 1,250\text{--}1,450$ kg/m ³ (in the compacted form)	0,062	НГ Incombustible	
Штукатурка известковая ГОСТ Р 57984–2017 Lime plaster GOST R 57984–2017	$b = 10$ мм, $\rho = 1500$ кг/м ³ (в уплотненном виде) $b = 10$ mm, $\rho = 1,500$ kg/m ³ (in the compacted form)	0,085	НГ Incombustible	
Плита минераловатная ПТ 220 ГОСТ 9573–2012 Mineral wool slab PT 220 GOST 9573–2012	$b = 50$ мм $\rho = 220\text{--}230$ кг/м ³ $b = 50$ mm $\rho = 220\text{--}230$ kg/m ³	0,9		Г2 G2
Плита из стеклянного штапельного волокна ПТ 75 ГОСТ 10499–95 Slab made of glass staple fiber PT 75 GOST 10499–95	$b = 45$ мм $\rho = 66\text{--}84$ кг/м ³ $b = 45$ mm $\rho = 66\text{--}84$ kg/m ³	0,6		Г2 G2
Панель гипсобетонная ГОСТ 9574–2018 Gypsum concrete slab GOST 9574–2018	$b = 80$ мм $\rho = 1100\text{--}1500$ кг/м ³ $b = 80$ mm $\rho = 1,100\text{--}1,500$ kg/m ³	0,25	НГ Incombustible	
Лист гипсоволокнистый ГВЛ ГОСТ Р 51829–2001 Gypsum fiber sheet GVL GOST R 51829–2001	$b = 10$ мм $\rho = 720$ кг/м ² $b = 10$ mm $\rho = 720$ kg/m ²	0,37		Г1 G1
Плита газосиликатная ГОСТ 31360–2007 Gas silicate slab GOST 31360–2007	$b = 250$ мм $\rho = 500$ кг/м ³ $b = 250$ mm $\rho = 500$ kg/m ³	0,59	НГ Incombustible	

ных выше залов достижение нормативных значений времени реверберации затруднительно без отделки поверхностей помещения звукопоглощающими материалами, а также без применения специальных звукопоглощающих элементов и конструкций [14–16].

Согласно ГОСТ 23499-2009, звукопоглощающим называется материал, имеющий сквозную пористость и характеризующийся относительно высоким коэффициентом звукопоглощения α . Сквозная пористость существующих звукопоглощающих материалов обеспечивается за счет перфорации лицевого слоя или применения звукопрозрачного лицевого слоя, а также использования основы из минерального волокна с органическим связующим или древесного волокна с цементным связующим.

Звукопоглощающие материалы с перфорацией лицевого слоя демонстрируют резонансный характер звукопоглощения, что затрудняет их широкое применение для создания оптимальной акустики зальных помещений, так как они не обеспечивают гладкости реверберационной кривой в требуемом диапазоне частот. А для звукопоглощающих отделочных материалов со звукопрозрачной лицевой поверхностью основным способом крепления поверхности к основе является приклеивание при помощи органического связующего, что исключает возможность создания негорючих материалов. Вариант использования для отделки зальных помещений звукопоглощающих материалов без лицевой поверхности (т.е. матов из минерального волокна высокой плотности) не может быть рассмотрен ввиду низкой износостойкости, эстетических свойств и непригодности к очистке.

Современные звукоизолирующие и звукопоглощающие декоративно-отделочные минераловатные материалы выпускаются в виде панелей и плит, что создает дополнительные возможности в разработке разнообразных дизайнерских акустических проектов общественных залов, холлов, коридоров, галерей и т.п. [17–21].

Разработка технологий производства подобных акустических панелей и плит ведущими фирмами-изготовителями позволила успешно совместить требования по звукопоглощению с возможностью выбора формы и широкой цветовой гаммы материала, обеспечивая высококачественный декоративный внешний вид изделий.

Обе поверхности плит или панелей, как правило, имеют покрытия из различных материалов, в том числе исключаящие эмиссию частиц волокон. Лицевая поверхность проницаемая для звуковых волн покрытия плит может быть пористой и иметь фактурный декоративный вид, в том числе с использованием окрашивания. Внешний вид оформления акустическими отделочными материалами зрительного зала представлен на рисунке.



Общий вид дизайнерского проекта концертного зала
General view of the design project of the concert hall

В зависимости от акустических требований основы минераловолокнистых декоративно-отделочных плит и панелей могут иметь различные плотность $\rho_{\text{осн}}$, толщину $b_{\text{осн}}$, количество органического связующего $\gamma_{\text{осн}}$, различные типы покрытий, расходы краски β_k , а также количество вспомогательных веществ, используемых при их изготовлении, например клеи, в совокупности оказывающие существенное влияние на показатели пожарной опасности материалов.

В табл. 2 приведены сравнительные характеристики и показатели пожарной опасности акустических декоративных панелей и плит на основе минеральных волокон для стен и потолков.

Экспериментальные исследования по оценке показателей пожарной опасности акустических материалов, указанных в табл. 2, проводились стандартными методами испытаний в рамках выполнения работ по подтверждению соответствия требований ФЗ № 123 по группе горючести Г, группе воспламеняемости (определялось значение критической плотности падающего теплового потока $Q_{\text{крит}}$), коэффициенту дымообразования D_{max} и показателю токсичности продуктов горения $H_{\text{с150}}$ в аккредитованной испытательной лаборатории ФГБУ ВНИИПО МЧС России.

Для испытаний были выбраны образцы акустических панелей серийного выпуска ряда ведущих в этой области фирм-разработчиков и производителей, имеющих сертификат системы менеджмента качества ИСО, и наиболее широко представленные в настоящее время на российском рынке строительных материалов и изделий.

Как следует из представленных экспериментальных данных, различия в характеристиках образцов звукопоглощающих материалов оказывают влияние на их свойства пожарной опасности. При этом все представленные типы материалов имеют показатели пожарной опасности Г1, В2, Д2, Т1. Данное об-

Таблица 2. Экспериментальные данные о пожарной опасности акустических материалов

Table 2. Experimental data on the fire hazard of acoustic materials

Номер образца Sample No.	Характеристики материала основы и покрытия образца звукопоглощающих панелей Characteristics of the main ingredient and the coating material of a sample of sound absorbing panels	Показатели пожарной опасности Fire hazard indicators			
		Г Combustibility	$\frac{Q_{крпг}}{Q_{крпг}}$ кВт/м ² $\frac{Q_{крпг}}{Q_{крпг}}$ kW/m ²	$\frac{D_{max}}{D_{max}}$ м ² /кг $\frac{D_{max}}{D_{max}}$ m ² /kg	H _{cl50}
1	Панель звукопоглощающая ($\alpha = 0,8-0,9$): основа — стекловата ($b_{осн} = 20$ мм, $\rho_{осн} = 55$ кг/м ³ , $\gamma = 7$ %) с двухсторонним покрытием из стеклохолста ($\rho_{покp} = 50$ г/м ²) и лицевой поверхностью с полимерной пленкой ($b_{пл} = 0,1$ мм) и краской ($\beta_k = 120$ г/м ²) Sound absorbing panel ($\alpha = 0.8-0.9$) made of glass wool ($b_{m,i} = 20$ mm, $\rho_{m,i} = 55$ kg/m ³ , $\gamma = 7$ %) with a double-sided fiberglass coating ($\rho_{coat} = 50$ g/m ²) and a front surface with a polymer film ($b_{film} = 0.1$ mm) and paint ($\beta_p = 120$ g/m ²)	Г1 Combustibility group 1	25,5	101	Более 120 More than 120
2	Панель звукопоглощающая ($\alpha = 0,8-0,9$): основа — стекловата ($b_{осн} = 20$ мм, $\rho_{осн} = 120$ кг/м ³ , $\gamma = 15$ %) с двухсторонним покрытием из стеклохолста ($\rho_{покp} = 50$ г/м ²) и окрашенной лицевой поверхностью ($\beta_k = 120$ г/м ²) Sound absorbing panel ($\alpha = 0.8-0.9$) made of glass wool ($b_{m,i} = 20$ mm, $\rho_{m,i} = 120$ kg/m ³ , $\gamma = 15$ %) with a double-sided fiberglass coating ($\rho_{coat} = 50$ g/m ²) and a painted front surface ($\beta_p = 120$ g/m ²)	Г1 Combustibility group 1	21,5	115	То же Also
3	Панель звукопоглощающая ($\alpha = 0,8-0,9$): основа — стекловата ($b_{осн} = 20$ мм, $\rho_{осн} = 55$ кг/м ³ , $\gamma = 7,5$ %) с двухсторонним покрытием из стеклохолста ($\rho_{покp} = 50$ г/м ²) и окрашенной лицевой поверхностью ($\beta_k = 50$ г/м ²) Sound absorbing panel ($\alpha = 0.8-0.9$) made of glass wool ($b_{m,i} = 20$ mm, $\rho_{m,i} = 55$ kg/m ³ , $\gamma = 7,5$ %) with a double-sided fiberglass coating ($\rho_{coat} = 50$ g/m ²) and a painted front surface ($\beta_b = 50$ g/m ²)	Г1 Combustibility group 1	20,5	105	«
4	Панель звукопоглощающая ($\alpha = 0,8-0,9$): основа — каменная вата ($b_{осн} = 40$ мм, $\rho_{осн} = 150$ кг/м ³ , $\gamma_{осн} = 4,0$ %) с двухсторонним покрытием из стеклохолста лицевая поверхность — $\rho_{покp} = 120$ г/м ² , внутренняя поверхность — $\rho_{покp} = 50$ г/м ² и окрашенной лицевой поверхностью ($\beta_k = 350$ г/м ²) Sound absorbing panel ($\alpha = 0.8-0.9$) made of rock wool ($b_{m,i} = 40$ mm, $\rho_{m,i} = 150$ kg/m ³ , $\gamma_{m,i} = 4.0$ %) with a double-sided fiberglass coating: front surface — $\rho_{coat} = 120$ g/m ² , inner surface — $\rho_{coat} = 50$ g/m ² and a painted front surface ($\beta_b = 350$ g/m ²)	Г1 Combustibility group 1	30,5	15	«
5	Панель звукопоглощающая ($\alpha = 0,8-0,9$): основа — каменная вата ($b_{осн} = 15$ мм, $\rho_{осн} = 90$ кг/м ³ , $\gamma_{осн} = 3,5$ %) с двухсторонним покрытием из стеклохолста: лицевая поверхность — $\rho_{покp} = 180$ г/м ² , внутренняя поверхность — $\rho_{покp} = 50$ г/м ² и окрашенной лицевой поверхностью ($\beta_k = 90$ г/м ²) Sound absorbing panel ($\alpha = 0.8-0.9$) made of rock wool ($b_{m,i} = 15$ mm, $\rho_{m,i} = 90$ kg/m ³ , $\gamma_{m,i} = 3.5$ %) with a double-sided coating made of fiberglass: front surface — $\rho_{coat} = 180$ g/m ² , inner surface — $\rho_{coat} = 50$ g/m ² and a painted front surface ($\beta_b = 90$ g/m ²)	Г1 Combustibility group 1	25,5	30	«

Номер образца Sample No.	Характеристики материала основы и покрытия образца звукопоглощающих панелей Characteristics of the main ingredient and the coating material of a sample of sound absorbing panels	Показатели пожарной опасности Fire hazard indicators			
		Г Combustibility	$Q_{\text{крит}}$, кВт/м ² Q_{crit} , kW/m ²	D_{max} , м ² /кг D_{max} , m ² /kg	H_{cl50}
6	Панель звукопоглощающая ($\alpha = 0,8-0,9$): основа — каменная вата ($b_{\text{осн}} = 20$ мм, $\rho_{\text{осн}} = 90$ кг/м ³ , $\gamma_{\text{осн}} = 3,5$ %) с двухсторонним покрытием из стеклохолста: лицевая поверхность — $\rho_{\text{пок}} = 120$ г/м ² , внутренняя поверхность — $\rho_{\text{пок}} = 50$ г/м ² и окрашенной лицевой поверхностью ($\beta_k = 390$ г/м ²) Sound absorbing panel ($\alpha = 0.8-0.9$) made of rock wool ($b_{m,i} = 20$ mm, $\rho_{m,i} = 90$ kg/m ³ , $\gamma_{m,i} = 3.5$ %) with a double-sided fiberglass coating: front surface — $\rho_{\text{coat}} = 120$ g/m ² , inner surface — $\rho_{\text{coat}} = 50$ g/m ² and a painted front surface ($\beta_b = 390$ g/m ²)	Г1 Combustibility group 1	22,5	45	«

стоятельство свидетельствует о достаточно высоком уровне пожаробезопасности указанных материалов, так как они не распространяют и не поддерживают горение, мало опасны по выделению токсичных летучих продуктов горения, обладают умеренной дымообразующей способностью и выдерживают воздействие теплового потока более 20 кВт/м².

Следует отметить, полученные данные по показателям пожарной опасности звукоизоляционных материалов коррелируют с результатами испытаний и классификации европейских норм.

По информации, содержащейся в отчетах по испытаниям согласно EN 13501, образцы исследованных материалов относятся к наименее пожароопасным классам: образцы № 1–3 к классу A2, s1, d0, образцы № 4–6 — к классу A1 и разрешены в странах Европы для использования в общественных зданиях и сооружениях.

Таким образом, с учетом анализа представленных в табл. 1 и 2 данных при отсутствии негорючих материалов или материалов с показателями пожарной опасности Г1, В1, Д2, Т2, а также при отсутствии обязательных требований пожарной безопасности, устанавливающих напрямую ограничения по применению акустических материалов в зальных помещениях, возникает острая необходимость в практическом решении этого вопроса. Одним из вариантов такого решения может быть разработка отдельных требований к акустическим материалам для стен и потолков зальных помещений, ориентируясь на табл. 29 ФЗ, с учетом функциональной пожарной опасности здания и вместимости зала. В этом случае обоснованным с точки зрения обеспечения пожарной безопасности и практики испытаний на пожарную опасность в качестве декоративно-отделочных и облицовочных мате-

риалов для стен и потолков могут быть допущены к применению в зданиях классов Ф 1.2; Ф 2.3; Ф 2.4; Ф 3.1; Ф 3.2; Ф 3.6; Ф 4.2; Ф 4.3; Ф 4.4; Ф 5.1 материалы пожарной опасности не выше Г1, В1, Д2, Т2 при вместимости зальных помещений более 800 человек; не выше Г1, В2, Д2, Т2 — при вместимости более 300 человек, но не более 800 человек; не выше Г2, В2, Д3, Т2 при вместимости более 50, но не более 300 человек; Г3, В2, Д3, Т2 при вместимости не более 50 человек. В зданиях классов Ф 1.1; Ф 2.1; Ф 2.2; Ф 3.3; Ф 3.4; Ф 3.5; Ф 4.1 в качестве декоративно-отделочных и облицовочных материалов могут быть допущены к применению акустические материалы пожарной опасности не выше Г1, В1, Д2, Т2 при вместимости зальных помещений более 300 человек; не выше Г1, В2, Д2, Т2 — при вместимости более 15, но не более 300 человек; не выше Г2, В2, Д3, Т2 — при вместимости не более 15 человек.

Авторы настоящей статьи считают целесообразным внести представленные требования к акустическим материалам для стен и потолков в качестве изменений в действующие нормативно-технические документы по пожарной безопасности. До внесения указанных изменений их следует учитывать при разработке специальных технических условий на многофункциональные здания, а также на здания, в которых имеются зальные помещения с необходимостью применения акустических материалов.

Выводы

На основе аналитических исследований выявлены наиболее эффективные звукопоглощающие декоративно-отделочные материалы пониженной пожарной опасности — минераловатные изделия на основе стекловолокна или каменной ваты.

Изучены нормативные документы, регламентирующие область применения отделочных материалов стен и потолков в зрительных залах, в результате чего установлено отсутствие обязательных требований по ограничению использования акустических материалов в зальных помещениях.

Проведены сравнительные экспериментальные исследования комплекса показателей пожарной опасности акустических декоративных панелей и плит на основе минеральных волокон для стен

и потолков с целью обоснования их пожаробезопасного применения в общественных зрительных залах.

Разработаны предложения по внесению изменений в действующие нормативно-технические документы по пожарной безопасности, в частности, разработка отдельных требований к акустическим материалам для стен и потолков зальных помещений, ориентируясь на табл. 29 ФЗ, с учетом функциональной пожарной опасности здания и вместимости зала.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. *Gülru Koca*. Interior finishing materials // *Developments in Science and Engineering*. Chapter 43. St. Kliment Ohridski University Press, 2016. Pp. 588–601.
2. *Schiavoni F., D'Alessandro S., Bianchi F., Asdrubali F.* Bianchi Insulation materials for the building sector: A review and comparative analysis // *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2016. Vol. 62. Pp. 988–1011. DOI: 10.1016/j.rser.2016.05.045
3. *Гусев В.П., Жоголева О.А., Леденев В.И.* Акустические и динамические характеристики эластомерных строительных материалов на основе NBR каучука // *Строительные материалы*. 2019. № 6. С. 56–61. DOI: 10.31659/0585-430X-2019-771-6-56-61
4. *Williams T.L.* The Interior Design Sourcebook. New York : Allworth Press, 2012. 224 p.
5. *Arenas J.P. Malcolm Crocker* Recent. Trends in porous sound-absorbing materials // *Sound & Vibration*. 2010. Vol. 44 (7). Pp. 12–17.
6. *Арутюнян А.Р.* Исследования изменений акустических свойств конструкционных материалов в процессе циклических испытаний : дис. ... канд. физ.-мат. наук. СПб., 2009. 145 с.
7. *Limin Peng, Boqi Song, Junfeng Wang, Dong Wang.* Mechanic and acoustic properties of the sound-absorbing material made from natural fiber and polyester // *Advances in Materials Science and Engineering*. 2015. P. 274913. DOI: 10.1155/2015/274913
8. *Генпель С.А.* Некоторые проблемы выбора современных акустических материалов для отделки помещений // *Наука, образование и экспериментальное проектирование в МАРХИ : тезисы докладов международной научно-практической конференции, профессорско-преподавательского состава, молодых ученых и студентов, г. Москва, 2–6 апреля 2018 года*. М., 2018. С. 252–253.
9. *Stec A.A., Hull T.R.* Assessment of the fire toxicity of building insulation materials // *Energy and Buildings*. 2011. Vol. 43 (2-3). Pp. 498–506. DOI: 10.1016/j.enbuild.2010.10.015
10. *Шульдешов Е.М., Платонов М.М., Нестерова Т.А., Сагомонова В.А.* Акустические полимерные материалы нового поколения (обзор) // *Труды ВИАМ*. 2016. № 4 (40). С. 78–84. DOI: 10.18577/2307-6046-2016-0-4-9-9
11. *Asdrubali F., Schiavoni S., Horoshenkov K.V.* A review of sustainable materials for acoustic applications // *Building Acoustics*. 2012. Vol. 19. Issue 4. Pp. 283–312. DOI: 10.1260/1351-010X.19.4.283
12. *Vercammen M.* On the revision of ISO 354, Measurement of the sound absorption in the reverberation room // *Proceedings of the 23rd International Congress on Acoustics 9 to 13 September 2019 in Aachen, Germany*. Geneva, Switzerland : ISO/WD, 2018. Pp. 3991–3997.
13. *Cheng Y., Cheng L., Pan J.* Absorption of oblique incidence sound by a finite micro-perforated panel absorber // *The Journal of the Acoustical Society of America*. 2013. Vol. 133. Issue 1. Pp. 201–209. DOI: 10.1121/1.4768869
14. *Романюк М.А.* Экспериментальные исследования акустических свойств современных строительных материалов и рекомендации по их применению для обеспечения аудиоэкологичности помещений // *Известия ЮФУ. Технические науки*. 2011. № 9 (122). С. 156–160. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=16853365>
15. *Субботкин А.О., Щиржецкий Х.А., Алешкин В.М.* К вопросу объективной оценки влияния реального шумового фона публики на оптимизацию нормативных требований к допустимому шумовому режиму в зрительных залах // *Биосферная совместимость: человек, регион, технологии*. 2018. № 4 (24). С. 57–63. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=37214220>

16. D'Orazio D., Fratoni G., Rovigatti A., Hamilton B. Numerical simulations of Italian opera houses using geometrical and wave-based acoustics methods // *Proceedings of the 23rd International Congress on Acoustics*, Aachen, Germany, 9–13 September. 2019. Geneva, Switzerland : ISO/WD, 2019. Pp. 5994–5996.
17. Смирнова Е.В., Васюткина Д.И. Результаты сравнительного анализа акустических свойств строительных материалов // *Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова*. 2013. № 1. С. 26–29. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=18761370>
18. Румянцев Б.М., Жуков А.Д., Барыбин А.А., Жуков А.Ю. Структура и свойства акустических материалов // *Научное обозрение*. 2017. № 7. С. 41–44.
19. Zhukov A.D., Bobrova E.Yu., Zelenshchikov D.B., Mustafaev R., Khimich A. Insulation systems and green sustainable construction // *Advanced Materials, Structures and Mechanical Engineering*. 2014. Vol. 1025–1026. Pp. 1031–1034. DOI: 10.4028/www.scientific.net/AMR.1025-1026.1031
20. Zhukov A.D., Bessonov I.V., Sapelin A.N. Composite wall materials // *Italian Science Review*. 2014. Issue 2 (11). Pp. 155–157.
21. Ильина Л.В., Игнатова О.А., Каткова Т.Ф., Кучерова Э.А. Современные материалы и технологии : учебное пособие для студентов. Новосибирск : НГАСУ (Сибстрин), 2012. 236 с.

REFERENCES

1. Gülru Koca. Interior Finishing Materials. *Developments in Science and Engineering*. Chapter: 43. St. Kliment Ohridski University Press, 2016; 588-601.
2. Schiavoni F., D'Alessandro S., Bianchi F., Asdrubali F. Bianchi insulation materials for the building sector: A review and comparative analysis. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2016; 62:988-1011. DOI: 10.1016/j.rser.2016.05.045
3. Gusev V.P., Zhogoleva O.A., Ledenev V.I. Acoustic and dynamic characteristics of elastomeric building materials based on NBR rubber. *Stroitel'nye Materialy/Construction Materials*. 2019; 6:56-61. DOI: 10.31659/0585-430X-2019-771-6-56-61 (rus).
4. Williams T.L. *The interior design sourcebook*. New York, Allworth Press, 2012; 224.
5. Arenas J.P. Malcolm Crocker recent. Trends in porous sound-absorbing materials. *Sound & Vibration*. 2010; 44(7):12-17.
6. Arutyunyan A.R. *Studies of changes in the acoustic properties of structural materials during cyclic tests : dissertation of the candidate of physical and mathematical sciences*. Saint Petersburg, 2009; 145. (rus).
7. Limin Peng, Boqi Song, Junfeng Wang, Dong Wang. Mechanic and acoustic properties of the sound-absorbing material made from natural fiber and polyester. *Advances in Materials Science and Engineering*. 2015; 274913. DOI: 10.1155/2015/274913
8. Geppel' S.A. Some problems of choosing modern acoustic materials for interior decoration. *Science, education and experimental design in MARHI : Abstracts of reports of the international scientific and practical conference, teaching staff, young scientists and students. Moscow, 2–6 April 2018*. Moscow, 2018; 252-253. (rus).
9. Stec A.A., Hull T.R. Assessment of the fire toxicity of building insulation materials. *Energy and Buildings*. 2011; 43(2-3):498-506. DOI: 10.1016/j.enbuild.2010.10.015
10. Shul'deshov E.M., Platonov M.M., Nesterova T.A., Sagomonova V.A. Acoustic polymeric materials of new generation (Review). *Trudy VIAM/Proceedings of VIAM*. 2016; 4(40):78-84. DOI: 10.18577/2307-6046-2016-0-4-9-9 (rus).
11. Asdrubali F., Schiavoni S., Horoshenkov K.V. A review of sustainable materials for acoustic applications. *Building Acoustics*. 2012; 19(4):283-312. DOI: 10.1260/1351-010X.19.4.283
12. Vercammen M. On the Revision of ISO 354, Measurement of the Sound Absorption in the Reverberation Room. *Proceedings of the 23rd International Congress on Acoustics 9 to 13 September 2019 in Aachen, Germany*. Geneva, Switzerland : ISO/WD, 2018; 3991-3997.
13. Cheng Y., Cheng L., Pan J. Absorption of oblique incidence sound by a finite micro-perforated panel absorber. *The Journal of the Acoustical Society of America*. 2013; 133(1):201-209. DOI: 10.1121/1.4768869
14. Romanyuk M.A. Experimental study of acoustic properties of modern construction materials and recommendations for their application for rooms audio environmental support. *Izvestiya SFedU/Engineering sciences*. 2011; 9(122):156-160. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=16853365> (rus).

15. Subbotkin A.O., Shchirzhetskiy Kh.A., Aleshkin V.M. To the issue of objective evaluation of actual background noise of the public on optimization of regulatory noise requirements in halls. *Biosphere compatibility: person, region, technologies*. 2018; 4(24):57-63. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=37214220> (rus).
16. D'Orazio D., Fratoni G., Rovigatti A., Hamilton B. Numerical simulations of Italian opera houses using geometrical and wave-based acoustics methods. *Proceedings of the 23rd International Congress on Acoustics, Aachen, Germany, 9–13 September*. 2019. Geneva, Switzerland : ISO/WD, 2019; 5994-5996.
17. Smirnova E.V., Vasyutkina D.I. Results of comparative analysis of acoustic properties of building materials. *Bulletin of the Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov*. 2013; 1:26-29. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=18761370> (rus).
18. Rumyantsev B.M., Zhukov A.D., Barybin A.A., Zhukov A.Yu. Structure and properties of acoustic materials. *Scientific Review*. 2017; 7:41-44. (rus).
19. Zhukov A.D., Bobrova E.Yu., Zelenshchikov D.B., Mustafaev R., Khimich A. Insulation systems and green sustainable construction. *Advanced Materials, Structures and Mechanical Engineering*. 2014; 1025-1026:1031-1034. DOI: 10.4028/www.scientific.net/AMR.1025-1026.1031
20. Zhukov A.D., Bessonov I.V., Sapelin A.N. Composite wall materials. *Italian Science Review*. 2014; 2(11):155-157.
21. Il'ina L.V., Ignatova O.A., Katkova T.F., Kucherova E.A. *Modern materials and technologies : study guide for students*. Novosibirsk, NGASU (Sibstrin), 2012; 236. (rus).

Поступила 23.08.2021, после доработки 14.09.2021;
принята к публикации 27.09.2021

Received August 23, 2021; Received in revised form September 14, 2021;
Accepted September 27, 2021

Информация об авторах

КОНСТАНТИНОВА Наталия Ивановна, д-р техн. наук, профессор, главный научный сотрудник, Всероссийский ордена «Знак Почета» научно-исследовательский институт противопожарной обороны Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий, Россия, 143903, Московская обл., г. Балашиха, мкр. ВНИИПО, 12; РИНЦ ID: 774306; ORCID: 0000-0003-0778-0698; e-mail: konstantinova_n@inbox.ru

СМИРНОВ Николай Васильевич, д-р техн. наук, профессор, главный научный сотрудник, Всероссийский ордена «Знак Почета» научно-исследовательский институт противопожарной обороны Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий, Россия, 143903, Московская обл., г. Балашиха, мкр. ВНИИПО, 12; РИНЦ ID: 760804; ORCID: 0000-0003-3660-444X; e-mail: firelab_vniipo@mail.ru

ЗУБАНЬ Андрей Владимирович, канд. техн. наук, начальник отдела, Всероссийский ордена «Знак Почета» научно-исследовательский институт противопожарной обороны Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий, Россия, 143903, Московская обл., г. Балашиха, мкр. ВНИИПО, 12; РИНЦ ID: 774306; ResearcherID: AAB-9575-2019; Scopus Author ID: 55847911600; ORCID: 0000-0002-7799-2058; e-mail: avzuban@mail.ru

Information about the authors

Nataliya I. KONSTANTINOVA, Dr. Sci. (Eng.), Professor, Chief Researcher, All-Russian Research Institute for Fire Protection of Ministry of Russian Federation for Civil Defense, Emergencies and Elimination of Consequences of Natural Disasters, VNIIPPO, 12, Balashikha, 143903, Russian Federation; ID RISC: 774306; ORCID: 0000-0003-0778-0698; e-mail: konstantinova_n@inbox.ru

Nikolay V. SMIRNOV, Dr. Sci. (Eng.), Professor, Chief Researcher, All-Russian Research Institute for Fire Protection of Ministry of Russian Federation for Civil Defense, Emergencies and Elimination of Consequences of Natural Disasters, VNIIPPO, 12, Balashikha, 143903, Russian Federation; ID RISC: 760804; ORCID: 0000-0003-3660-444X; e-mail: firelab_vniipo@mail.ru

Andrey V. ZUBAN, Cand. Sci. (Eng.), Deputy Head of Department, All-Russian Research Institute for Fire Protection of Ministry of Russian Federation for Civil Defense, Emergencies and Elimination of Consequences of Natural Disasters, VNIIPPO, 12, Balashikha, 143903, Russian Federation; ID RISC: 774306; ResearcherID: AAB-9575-2019; Scopus Author ID: 55847911600; ORCID: 0000-0002-7799-2058, e-mail: avzuban@mail.ru

ЗУБАНЬ Ольга Петровна, старший научный сотрудник, Всероссийский ордена «Знак Почета» научно-исследовательский институт противопожарной обороны Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий, Россия, 143903, Московская обл., г. Балашиха, мкр. ВНИИПО, 12; ORCID: 0000-0003-3458-5767; e-mail: opzuban@mail.ru

Olga P. ZUBAN, Senior Researcher, All-Russian Research Institute for Fire Protection of Ministry of Russian Federation for Civil Defense, Emergencies and Elimination of Consequences of Natural Disasters, VNIPO, 12, Balashikha, 143903, Russian Federation; ORCID: 0000-0003-3458-5767; e-mail: opzuban@mail.ru

Вклад авторов: *все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.*

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution of the authors: *the authors contributed equally to this article.*

The authors declare no conflicts of interests.