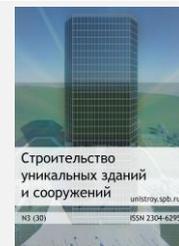


Construction of Unique Buildings and Structures



journal homepage: www.unistroy.spb.ru



Современные средства защиты от шума, применяемые в ограждающих конструкциях

Д.В. Глушко¹, М.В. Антонова², С.В. Беляева³

ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого», 195251, Россия, Санкт-Петербург, ул. Политехническая, 29.

Информация о статье

УДК 691

Статья о новом оборудовании, материалах, технике и технологиях

История

Подана в редакцию 15 сентября 2014
Принята 9 марта 2015

Ключевые слова

звук,
звукоизоляция,
коэффициент звукопоглощения,
строительные материалы,
шум

АННОТАЦИЯ

На протяжении всей жизни человека окружает множество различных звуков, таких как: речь, музыка, шум. Из них наиболее пагубное воздействие имеет шум. Он, как общебиологический раздражитель, влияет на все органы и системы организма человека. Шум может стать причиной нарушения слуха, нервного истощения, нервоза, возникновения язвы желудка, расстройства эндокринной и сердечно-сосудистой систем. Поэтому одним из важных качеств жилища является звукоизоляция помещений от воздействия внешних шумов. Звукоизоляция помогает снизить уровень шума до допустимого и обеспечить достаточный уровень комфорта в местах работы и отдыха людей. В статье произведен анализ рынка основных строительных звукоизоляционных и звукопоглощающих материалов. Проведено сравнение материалов по основным свойствам и характеристикам, таким как: коэффициент звукопоглощения, индекс изоляции уровня воздушного шума, плотность, горючесть и т. д. Основные характеристики звукоизоляционных и звукопоглощающих материалов представлены в табличной форме для удобства поиска подходящего материала по необходимым характеристикам.

Содержание

1.	Введение	39
2.	Обзор литературы	39
3.	Постановка задачи	41
4.	Основная часть	41
5.	Заключение	43

2

Контактный автор:

+7 (921) 552 7039, m-antonova@mail.ru (Антонова Мария Валерьевна, студент)

1

+7 (911) 275 1849, dariagsa@gmail.com (Глушко Дарья Вячеславовна, студент)

3

+7 (921) 905 6310, sbelaeva@gmail.com (Беляева Светлана Вячеславовна, старший преподаватель)

1. Введение

Для людей большое значение имеет окружающая среда, ограниченная помещением. Она должна иметь характеристики соответствующие требованиям благоприятных условий жизнедеятельности человека. К таким характеристикам относят: микроклимат помещения, уровень освещенности, а также уровень шума и вибраций.

В связи с ростом промышленности, транспорта и городов, а значит ростом шума в мире, одной из важнейших задач современного строительства является создание комфортного акустического климата в местах работы и отдыха людей [1–4]. К сожалению, невысокое качество строительства не всегда обеспечивает нормативные показатели звукоизоляции в помещениях. Вследствие чего приходится прибегать к дополнительной звукоизоляции помещений, в том числе и к применению звукоизоляционных материалов. Исследования в области звукоизоляции начались сравнительно недавно, примерно лет 20 назад, но изучение звукоизоляционных и звукопоглощающих характеристик материалов не проводилось.

Шум — сочетание звуков различной частоты и интенсивности. С физиологической точки зрения шумом называют любой нежелательный звук, оказывающий вредное воздействие на организм человека. Высокие уровни шума приводят к повышению нервного напряжения человека, вызывают раздражение и агрессию, снижают работоспособность и являются причиной возникновения различных заболеваний [5–8]. К источникам шума в окружающей среде человека относятся: транспортные средства, водопровод, канализация, воздуховоды, техническое оборудование, бытовая техника и т. д.

Одной из главных характеристик уровня шума является уровень интенсивности звука L , который измеряется в дБ. Воздействие шума на организм человека зависит в большей степени от значения этой характеристики, и чем выше его значение, тем хуже последствия действия данного шума. Шум с уровнем звукового давления до 30–35 дБ привычен для людей и не беспокоит. Увеличение уровня шума до 40–70 дБ образует существенную нагрузку на нервную систему, что ведет к ухудшению самочувствия, и при длительном воздействии может стать причиной неврозов. Действие шума уровнем свыше 75 дБ может привести к потере слуха — профессиональной тугоухости. Звуки, уровень которых превышает 120–130 дБ, вызывают болевое ощущение и повреждение слухового аппарата человека. При действии шума высоких уровней 140–160 дБ возможен разрыв барабанных перепонок, контузия и смертельный исход.

Исследования показывают, что звукоизоляционные свойства современных зданий не всегда соответствуют нормативным требованиям по звукоизоляции, что вызвано не только недостаточной звукоизолирующей способностью ограждающих конструкций, но и увеличением мощности и количества источников шума [9–12]. Акустический климат помещений в основном определяется способностью ограждающих конструкций (стен, перегородок, перекрытий и т. д.) отражать или поглощать воздушный и ударный звук [13–15].

2. Обзор литературы

Согласно СНиП 23–3–2003. «Защита от шума» и СП 51.13330.2011. «Защита от шума и акустика залов» (Актуализированная редакция СНиП 23-03-2003) звукоизоляция внутренних ограждающих конструкций определяется индексом изоляции воздушного шума RW , дБ и индексом приведенного уровня ударного шума (изоляция ударного шума) LW , дБ [16, 17].

Нормативные значения индексов меняются в зависимости от:

1. условий комфортности:
 - высококомфортные условия,
 - комфортные условия,
 - предельно допустимые условия;
2. типа ограждающих конструкций:
 - перекрытия,
 - стены,
 - перегородки;
3. их расположения и от общественного назначения здания (жилые дома, гостиницы, больницы, учебные заведения и т. п.) [18].

Обеспечение необходимого акустического комфорта зданий современного города возможно путем выполнения мер по защите от внешних и внутренних шумов. Защита зданий от шумов достигается следующими строительными-акустическими методами:

- рациональное архитектурно-планировочное решение здания;
- применение ограждающих конструкций, обеспечивающих нормативную звукоизоляцию;
- применение акустических экранов;
- применение звукоизоляционных и звукопоглощающих материалов и конструкций;
- применение звукоотражающих и звукорассеивающих конструкций;
- применение глушителей шума в системах принудительной вентиляции и кондиционирования воздуха.

Среди перечисленных методов наиболее целесообразным способом защиты от шума является применение звукоизоляционных и звукопоглощающих материалов вследствие их дешевизны, простоты устройства и монтажа [21–24].

По структурным признакам звукопоглощающие и звукоизоляционные материалы и изделия подразделяются на:

- пористо-волокнистые;
- пористо-ячеистые;
- пористо-губчатые [25].

Как правило, в качестве звукоизоляционных материалов используют пористо-волокнистые материалы. Они обладают наибольшей степенью изоляции воздушного и ударного звука.

По сырьевым признакам звукопоглощающие и звукоизоляционные материалы разделяются на четыре группы:

1. Материалы минерального происхождения (пеногипсовые, гипсовые и асбестоцементные перфорированные плиты, минераловатные плиты и маты);
2. Материалы органического происхождения (пенополиуретан, пенополистирол, пенополиэтилен, винипор);
3. Композиционные материалы (состоят из двух слоев полиэтиленовой пленки, между которыми находятся гранулы пенополистирола);
4. Материалы из металла (дюралюминиевые, перфорированные экраны и профили).

Перечисленные признаки касаются технологических характеристик материалов и изделий и могут быть использованы при определении рецептуры материалов.

Эффективность звукопоглощающих и звукоизоляционных материалов зависит от их физико-механических характеристик (динамического модуля упругости E_d , динамической жесткости S' и коэффициента звукопоглощения α). Данные характеристики используются при выборе материала, расчете и проектировании изоляции воздушного и ударного звука ограждающих конструкций [26–28].

Динамический модуль упругости E_d определяется при продольных колебаниях нагруженного образца по значению частоты колебаний, при которой амплитуда ускорения становится наибольшей (явление резонанса) [29,30].

Динамическая жесткость S' - отношение динамической силы к динамическому смещению. Показатель динамической жесткости S' , Н/м³ определяется по формуле:

$$S' = \frac{F/S}{\Delta d}(1),$$

где

F — динамическая сила, действующая в направлении, перпендикулярном к поверхности образца, Н;

S — площадь образца для испытания, м²;

Δd — динамическое изменение толщины образца упругого материала, м [31].

Чем ниже величина динамической жесткости, тем выше эффективность звукоизоляции от ударного шума.

Коэффициент звукопоглощения α - отношение эквивалентной площади звукопоглощения образца к его площади. Звукоизоляционные материалы и изделия с коэффициентом звукопоглощения $\alpha \geq 0.8$ в диапазоне низких (100–250 Гц), средних (315–1000 Гц) и высоких (1250–5000 Гц) частот отнесены к первому классу звукопоглотителей, которые обеспечивают максимальное снижение звукового давления. В тех же частотах коэффициент звукопоглощения для второго класса лежит в диапазоне $\alpha = 0.4 \div 0.8$, а для третьего — $\alpha < 0.4$. Чем ближе коэффициент звукопоглощения к 1, тем выше защитные качества материала [32].

3. Постановка задачи

Целью является анализ и сравнение звукоизоляционных и звукопоглощающих материалов, представленных на строительном рынке, по их физико-механическим, акустическим характеристикам, характеристикам пожарной опасности материалов, а так же другим отличительным характеристикам. Составление рекомендаций по выбору наиболее выгодного материала по показателям звукоизоляции и звукопоглощения, по показателям горючести, хорошо подходящего для защиты от определенного вида шума, удобного для монтажа и наиболее экономичного при сравнительно небольших затратах материала.

4. Основная часть

Рассмотрим основные свойства и характеристики пористо-волоконных звукоизоляционных и звукопоглощающих материалов.

Таблица 1. Основные свойства и характеристики пористо-волоконных звукоизоляционных и звукопоглощающих материалов

Звукоизоляция воздушных шумов			
Материал	Стекловата — волоконный теплоизоляционный материал, изготавливаемый на основе стекловолокна. Благодаря большому количеству пустот между волокнами, которые заполнены воздухом стекловата обладает хорошими звукопоглощающими свойствами.	Минеральная вата — волоконный материал, имеющий структуру ваты и изготавливаемый из расплава горной породы, металлургических шлаков и их смесей. Хаотично расположенные волокна под различными углами друг к другу обеспечивают хорошее звукопоглощение.	Многослойная панель — это многослойные строительные конструкции, состоящие из одного или двух покровных слоев и утеплителя. Они являются композитной строительной конструкцией, в которой сочетаются свойства всех используемых материалов.
Коэффициент звукопоглощения	0.8–0.85	0.87–0.95	0.7–0.9
Динамическая жесткость, МН/м ³	20	10–20	10–20
Динамический модуль упругости, Па	1.24	1.26	18*10 ⁴ при нагрузке 2 кПа
Индекс изоляции уровня воздушного шума, дБ	47	55-56	47-65
Плотность, кг/м ³	13–85	35–160	110–140
Горючесть	НГ	НГ	Г1
Примечания	Обладает высокой вибростойкостью, не вызывает коррозию контактирующих с ней металлов, эластична, негигроскопична.	Не вызывает коррозию контактирующих с ней металлов, имеет биологическую и химическую стойкость к агрессивным веществам, экологична, долговечна, негигроскопична.	Долговечна, имеет низкое влагопоглощение, экологична, отсутствует реакция на воздействие химически агрессивных веществ или биологических факторов.

Звукоизоляция ударных шумов			
Материал	Пенополиэтилен — это универсальный теплоизоляционный материал, который также выполняет функции гидроизоляции, пароизоляции и шумоизоляции.	Пробкорезиновая подложка — смесь гранулированной пробки и синтетической резины. Снижает шумы ударного характера, а также гасит вибрацию электроприборов.	Битумно-пробковая подложка — изготовлена на основе крафт-бумаги с битумной пропиткой и с посыпкой пробковой крошкой.
Коэффициент звукопоглощения	0.5	0.85	0.7–0.95
Динамическая жесткость, МН/м ³	25	-	-
Динамический модуль упругости, Мпа	0.5	-	-
Индекс изоляции уровня воздушного шума, дБ	54	37	63–65
Плотность, кг/м ³	20–80	250	200–250
Горючесть	Г2	Г2	Г1
Примечания	Хорошо контактирует с цементом, бетоном и др. материалами, неустойчив к УФ-излучению, может пропускать влагу, что способствует появлению плесени.	Необходима дополнительная влагоизоляция, иначе под подложкой может образовываться плесень.	Нет необходимости в гидроизоляции, так как пробковая поверхность выводит излишнюю влагу, высокая пожаробезопасность.
Изоляция структурных шумов			
Материал	Стеклохолст — экологически чистый материал, который создан из минерального стекловолокна и органических смол.	Виброакустический герметик — это виброизолирующий материал, предназначенный для герметизации стыков и соединений в звукоизолирующих конструкциях.	Эластомерные материалы — разработаны для снижения уровня шумов и вибраций, а также для защиты помещений от структурного шума, поступающего извне.
Коэффициент звукопоглощения	0.85	0.9	0.8
Динамическая жесткость, МН/м ³	10–20	-	-
Индекс изоляции уровня воздушного шума, дБ	55	55-65	55
Плотность, кг/м ³	25–50	30	89–100
Горючесть	Г2	Г1	Г1
Примечания		Устойчив к УФ-излучениям, не вызывает коррозии металла.	Легко изменяют форму, эластичны.

Сведем основные показатели звукоизоляционных материалов в таблицу для простоты сравнения, выявления преимуществ и недостатков каждого материала. Таблица поможет выбрать материал по необходимому критерию.

Таблица 2. Сравнение характеристик.

Тип материала	Вид шума	α	RW, дБ	Плотность, кг/м ³	Горючесть	Стоимость 1 м ² (м ³), руб
Стекловата	Воздушный	0.8–0.85	47	13–85	НГ	1800–2000
Минеральная вата	Воздушный	0.87–0.95	55–56	35–160	НГ	1500–3000
Многослойная панель	Воздушный	0.7–0.9	47–65	110–140	Г1	1200–2600
Пенополиэтилен	Ударный	0.5	54	20–80	Г2	105–120
Пробкорезиновая подложка	Ударный	0.85	37	250	Г2	70–80
Битумнопробковая подложка	Ударный	0.7–0.95	63–65	200–250	Г1	122–140
Стеклохолст	Структурный	0.85	55	25–30	Г2	210–240
Виброакустический герметик	Структурный	0.9	55–65	30	Г2	193–220
Эластомерные материалы	Структурный	0.8	55	89–100	Г1	63–75

5. Заключение

В ходе проведенной работы значения всех основных характеристик были сведены в таблицу, что облегчило сравнение материалов. Благодаря табличной форме записи упрощается и ускоряется процесс сравнения материалов, это позволяет быстро выявить наиболее подходящий материал по необходимым характеристикам. Основываясь на проведенном анализе и сравнении звукоизоляционных и звукопоглощающих материалов по коэффициенту звукопоглощения α и индексу изоляции уровня воздушного шума R_w , можно сделать заключение, что для защиты от воздушных шумов разумно использовать минеральную вату, от ударных шумов — битумно-пробковую подложку, а от структурных — виброакустический герметик в стыках, и стеклохолст – в стенах.

По акустическим свойствам любая строительная конструкция характеризуется двумя параметрами: показателями звукоизоляции (определяется индексом изоляции уровня воздушного шума (R_w , дБ)) и звукопоглощения (определяется коэффициентом звукопоглощения (α)). Следовательно, в первую очередь нужно обращать внимание на эти два показателя. Как уже говорилось ранее, чем ближе коэффициент звукопоглощения к единице, тем лучше его защитные качества, то есть при выборе звукоизоляционных материалов следует следить за тем, чтобы данный коэффициент как можно больше стремился к единице. Что касается индекса изоляции уровня воздушного шума, то его значения должны быть не ниже нормативных для каждого типа конструкции и ее расположения.

Немаловажное значение при выборе материала имеет его безопасность. И, конечно, самую главную роль играет пожарная безопасность материала. Оценка безопасности материала проводится по нескольким характеристикам: горючесть, токсичность, воспламеняемость, дымообразующая способность и распространение пламени по поверхности. В свою очередь по горючести материалы делятся на горючие и негорючие. И так как негорючие материалы не имеют больше никаких характеристик, то следует очень трепетно относиться к выбору горючих материалов (Г1, Г2, Г3, Г4), так как каждая группа горючести характеризуется определенным набором дополнительных параметров.

Далее при выборе материала следует обратить внимание на удобство монтажа и цену материала. При рассмотрении этих параметров стоит руководствоваться имеющимся проектом и финансами, что каждый определяют индивидуально.

Литература

- [1]. Проблема шума как экологического фактора на урбанизированных территориях / Таткеев Т.А., Абитаев Д.С., Сексенова Л.Ш., Мухаметжанова З.Т., Атшабарова С.Ш., Рахметуллаев Б.Б., Назар Д.К. // Медицина труда и промышленная экология. 2011. № 6. С. 17–19.
- [2]. Монич Д. В., Щеголев Д. Л. Повышение экологической безопасности зданий путем применения шумозащитных мероприятий // Приволжский научный журнал. 2009. № 4. С. 190–195.
- [3]. Бобылёв В.Н., Монич Д.В., Щёголев Д.Л. Мониторинг уровней шума для обеспечения экологической безопасности городской среды // Приволжский научный журнал. 2011. № 2 (июнь). С.135–140.
- [4]. Германова Т.В., Перцева И.И. К вопросу обеспечения акустической безопасности городов // Модернизация и научные исследования в транспортном комплексе. 2013. Т.2. С.81–86.
- [5]. Новохатская Э.А. Шумовое загрязнение мегаполиса и его влияние на здоровье человека // Социальная политика и социология. 2010. №3. С.135–144.
- [6]. Шум, как акустический стрессор, и меры борьбы с ним / Некипелова О.О., Некипелов М.И., Маслова Е.С., Урдаева Т.Н. // Фундаментальные исследования. 2006. № 5. С. 55–57.
- [7]. Загорская А.П. Анализ ведущих строек Санкт-Петербурга с точки зрения норм строительной акустики // Инженерно-строительный журнал. 2010. №5(15). С. 44–48.
- [8]. Семенова Э.Н., Бортник А.Ф. Воздействие шума на психологическое состояние человека // Актуальные проблемы развития личности в онтогенезе. Сборник материалов III Всероссийской научно-практической конференции студентов и аспирантов. Северо-Восточный федеральный университет им. М.К. Аммосова. Киров. 2014. С. 116–118.
- [9]. Жиганов Н.Е. Шумовое загрязнение среды // Современные наукоемкие технологии. 2013. №8-1. С.13–14.
- [10]. Орлов О.Г. Проблемы и перспективы оптимизации акустической среды жилых помещений // Academia. Архитектура и строительство. 2009. №5. С. 270–271.
- [11]. Кочкин А.А. Шашкова Л.Э. О повышении звукоизоляции ограждающих конструкций // Academia. Архитектура и строительство. 2010. №3. С. 198–199.
- [12]. Анджелов В.Л. Проблемы обеспечения звукоизоляции ограждений монолитных жилых и общественных зданий // Academia. Архитектура и строительство. 2009. №5. С. 193–195.
- [13]. Богопелов И. И. Строительная акустика. СПбГПУ. 2006. 324 с.
- [14]. Березовский Е.Ф. Акустика в архитектуре // Естественные и технические науки. 2007. №5. С. 94–96.
- [15]. Обеспечение акустического комфорта в помещениях гражданских и промышленных зданиях / Бобылев В.Н., Тишков В.А., Монич Д.В., Щеголев Д.Л., Мурыгин Д.В. // Инновации. 2009. №3. С. 20–24.
- [16]. Богопелов И. И. Строительная акустика. Второе издание. СПбГПУ. 2010. 364 с.
- [17]. Goydke H. New international standards for building and room acoustics // Applied acoustics. 1997. №3-4. pp.185–196.
- [18]. Туровский Б. В., Инюкина Т.А. Исследование звукоизоляционных свойств эффективных теплоизоляционных материалов // Труды кубанского государственного аграрного университета. 2013. №44. С.290–293.
- [19]. Анджелов В.Л., Пороженко М.А. Оценка и нормирование звукоизоляции ограждающих конструкций зданий // Academia. Архитектура и строительство. 2010. №3. С. 170–174.
- [20]. Arthur Lyons Insulation materials // Materials for Architects and Builders (Third Edition). 2006. pp.308–322.
- [21]. Типалин С.А., Сапрыкин Б.Ю., Шпунькин Н.Ф. Краткий обзор многослойных листовых деформируемых материалов используемых для защиты от шума // Известия Московского государственного технического университета МАМИ. 2012. Т. 2. № 2 (14). С. 194–199.
- [22]. Sound insulation property of PVC matrix composite material filled with cenosphere fly ash / Yao Y.F., Gao L., Yang Q.L., Zhou G., Fu Y.Q., Liu G.F. // Gaofenzi cailiao kexue yu gongcheng/polymeric materials science and engineering. 2009. №11. pp. 61–64.
- [23]. Ballagh K.O. Acoustical properties of wool // Applied acoustics. 1996. №2. pp. 101–120.
- [24]. Герасимов А.И. Звукоизоляционные и звукопоглощающие материалы и их применение в строительстве // Academia. Архитектура и строительство. 2009. №5. С. 209–215.
- [25]. ГОСТ 23499–79. «Материалы и изделия строительные звукопоглощающие и звукоизоляционные. Классификация и общие технические требования».

- [26]. Самарджиоска Тодорка Акустические характеристики зданий в Македонии // Строительство уникальных зданий и сооружений. 2014. №6(21). С. 7–16.
- [27]. 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.
- [28]. Проблемы оценки физико-технических характеристик ограждающих конструкций при мониторинге жилых зданий на стадии их возведения / Леденев В.И., Аленичева Е.В., Матвеева И.В., Крышов С.И. // Научный вестник воронежского государственного архитектурно-строительного университета. 2012. №2. С. 16–22.
- [29]. ГОСТ 16297–80. «Материалы звукоизоляционные и звукопоглощающие. Методы испытаний».
- [30]. Sound and vibration damping characteristics in natural material based sandwich composites / James J. Sargianis, Hyung-Ick Kim, Erik Andres, Jonghwan Suhra, // Composite Structures. 2013. №96. pp.538–544.
- [31]. ГОСТ Р 53378–2009. «Материалы акустические, применяемые в плавающих полах жилых зданий. Метод определения динамической жесткости».
- [32]. ГОСТ Р 53376–2009. «Материалы звукопоглощающие. Метод измерения звукопоглощения в реверберационной камере».

Modern means of protection from noise applied in building envelop

D.V. Glushko¹, M.V. Antonova², S.V. Belyaeva³

Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University, 29 Polytechnicheskaya st., St.Petersburg, 195251, Russia

ARTICLE INFO

Technical paper

Article history

Received 15 September 2015
Accepted 9 March 2015

Keywords

constructional materials,
noise,
sound,
sound insulation,
sound reduction index

ABSTRACT

The problem of noise pollution becomes more and more urgent. In large and small cities, we are seeing an active traffic, construction works, repairs and other industrial and domestic activities of people. This exerts a load on people. Noise outside the home can have a significant effect on the health and mental condition of the person. Therefore, sound insulation of residential buildings is a very important task in the construction and repair of buildings. The material used for insulation must have a high absorption coefficient and being eco-friendly.

The market of main building soundproof and sound-damping materials was analyzed in this article. Also, there are main properties and characteristics of the materials such as: sound reduction index, isolation index of airborne noise level, density, burning behavior were compared. Main characteristics of soundproof and sound-damping materials are presented in tabular form. It allowed us quickly identify the most appropriate material for the necessary properties.

²

Corresponding author:

+7 (921) 552 7039, m-antonova@mail.ru (Maria Valerjevna Antonova, Student)

¹

+7 (911) 275 1849, dariagsa@gmail.com (Darya Vyacheslavovna Glyshko, Student)

³

+7 (921) 905 6310, sbelaeva@gmail.com (Svetlana Vyacheslavovna Belyaeva, Senior Lecturer)

References

- [1]. *Problema shuma kak ekologicheskogo faktora na urbanizirovannykh territoriyakh* [The problem of noise as an ecological factor in urban areas] / Tatkeyev T.A., Abitayev D.S., Seksenova L.Sh., Mukhametzhanova Z.T., Atshabarova S.Sh., Rakhmetullayev B.B., Nazar D.K. *Meditsina truda i promyshlennaya ekologiya*. 2011. Vol. 6. Pp. 17–19. (rus)
- [2]. Monich D. V., Shchegolev D. L. *Povysheniye ekologicheskoy bezopasnosti zdaniy putem primeneniya shumozashchitnykh meropriyatiy* [Improving the environmental safety of buildings through the use of noise-reducing measures] *Privolzhskiy nauchnyy zhurnal*. 2009. Vol. 4. Pp. 190–195. (rus)
- [3]. Bobylev V.N., Monich D.V., Shchegolev D.L. *Monitoring urovney shuma dlya obespecheniya ekologicheskoy bezopasnosti gorodskoy sredy* [Monitoring of noise levels to ensure environmental safety of the urban environment] *Privolzhskiy nauchnyy zhurnal*. 2011. Vol. 2 (june). Pp.135–140. (rus)
- [4]. Germanova T.V., Pertseva I.I. *K voprosu obespecheniya akusticheskoy bezopasnosti gorodov* [Ensuring the security of acoustic cities] *Modernizatsiya i nauchnyye issledovaniya v transportnom komplekse*. 2013. Vol. 2. Pp.81–86. (rus)
- [5]. Novokhatskaya E.A. *Shumovoye zagryazneniye megapolisa i yego vliyaniye na zdorovye cheloveka* [Noise pollution metropolis and its impact on human health] *Sotsialnaya politika i sotsiologiya*. 2010. Vol. 3. Pp.135–144. (rus)
- [6]. *Shum, kak akusticheskyy stressor, i mery borby s nim* / Nekipelova O.O., Nekipelov M.I., Maslova Ye.S., Urdayeva T.N. [Noise as acoustic stressor, and measures to combat it] *Fundamentalnyye issledovaniya*. 2006. Vol. 5. Pp. 55–57. (rus)
- [7]. Zagorskaya A.P. Key building sites of Saint-Petersburg from the point of view of acoustics of buildings. *Magazine of Civil Engineering*. 2010. Vol. 5(15). Pp. 44–48. (rus)
- [8]. Semenova E.N., Bortnik A.F. *Vozdeystviye shuma na psikhologicheskoye sostoyaniye cheloveka* [The impact of noise on the psychological state of the person] *Aktualnyye problemy razvitiya lichnosti v ontogeneze. Sbornik materialov III Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii studentov i aspirantov. Severo-Vostochnyy federalnyy universitet im. M.K. Ammosova*. Kirov. 2014. Pp. 116–118. (rus)
- [9]. Zhiganov N.Ye. *Shumovoye zagryazneniye sredy* [Noise pollution] *Sovremennyye naukoymkiye tekhnologii*. 2013. Vol. 8-1. Pp.13–14. (rus)
- [10]. Orlov O.G. *Problemy i perspektivy optimizatsii akusticheskoy sredy zhilykh pomeshcheniy* [Problems and prospects of optimizing the acoustic environment of premises] *Academia. Architecture and Construction*. 2009. Vol. 5. Pp. 270–271. (rus)
- [11]. Kochkin A.A., Shashkova L.E. *O povyshenii zvukoizolyatsii ograzhdayushchikh konstruksiy* [Increasing the insulation walling] *Academia. Architecture and Construction*. 2010. Vol. 3. Pp. 198–199. (rus)
- [12]. Andzhelov V.L. *Problemy obespecheniya zvukoizolyatsii ograzhdeniy monolitnykh zhilykh i obshchestvennykh zdaniy* [The problem of providing sound insulation barriers of monolithic houses and public buildings] *Academia. Architecture and Construction*. 2009. Vol. 5. Pp. 193–195. (rus)
- [13]. Bogopelov I. I. *Stroitel'naya akustika* [Building acoustics] SPbGPU. 2006. 324 p. (rus)
- [14]. Berezovskiy Ye.F. *Akustika v arkhitekture* [Acoustics in Architecture] *Yestestvennyye i tekhnicheskiye nauki*. 2007. Vol. 5. Pp. 94–96. (rus)
- [15]. *Obespecheniye akusticheskogo komforta v pomeshcheniyakh grazhdanskikh i promyshlennykh zdaniyakh* / Bobylev V.N., Tishkov V.A., Monich D.V., Shchegolev D.L., Murygin D.V. [Providing acoustic comfort in the premises of civil and industrial buildings] *Innovation*. 2009. Vol. 3. Pp. 20–24. (rus)
- [16]. Bogopelov I. I. *Stroitel'naya akustika* [Building acoustics]. 2nd edition. SPbGPU. 2010. 364 p. (rus)
- [17]. Goydke H. New international standards for building and room acoustics. *Applied acoustics*. 1997. Vol. 3-4. Pp.185–196.
- [18]. Turovskiy B. V., Inyukina T.A. *Issledovaniye zvukoizolyatsionnykh svoystv effektivnykh teploizolyatsionnykh materialov* [The study of effective sound insulation properties of thermal insulation materials] *Trudy kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. 2013. Vol. 44. Pp.290–293. (rus)
- [19]. Andzhelov V.L., Porozhenko M.A. *Otsenka i normirovaniye zvukoizolyatsii ograzhdayushchikh konstruksiy zdaniy* [Evaluation and standardization of sound insulation of building envelopes] *Academia. Architecture and Construction*. 2010. Vol. 3. Pp. 170–174. (rus)
- [20]. Arthur Lyons *Insulation materials // Materials for Architects and Builders (Third Edition)*. 2006. Pp.308–322.

- [21]. Tupalin S.A., Saprykin B.Yu., Shpункin N.F. *Kratkiy obzor mnogosloynnykh listovykh deformiruyemykh materialov ispolzuyemykh dlya zashchity ot shuma* [A brief overview of the multilayer sheet of deformable materials used to protect against noise] *Izvestiya Moskovskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta MAMI*. 2012. Vol. 2 (14). Pp. 194–199. (rus)
- [22]. Sound insulation property of PVC matrix composite material filled with cenosphere fly ash / Yao Y.F., Gao L., Yang Q.L., Zhou G., Fu Y.Q., Liu G.F. *Gaofenzi cailiao kexue yu gongcheng/polymeric materials science and engineering*. 2009. №11. pp. 61–64.
- [23]. Ballagh K.O. Acoustical properties of wool. *Applied acoustics*. 1996. Vol. 2. pp. 101–120.
- [24]. Gerasimov A.I. *Zvukoizolyatsionnyye i zvukopogloshchayushchiye materialy i ikh primeneniye v stroitelstve* [Sound insulation and sound absorbing materials and their use in construction] *Academia. Architecture and Construction*. 2009. Vol. 5. Pp. 209–215. (rus)
- [25]. GOST 23499–79. «*Materialy i izdeliya stroitelnyye zvukopogloshchayushchiye i zvukoizolyatsionnyye. Klassifikatsiya i obshchiye tekhnicheskiye trebovaniya*» [GOST 23499-79. "Building materials and products absorbing and sound. Classification and general technical requirements. "] (rus)
- [26]. Samardzioska T. Acoustic performance residential buildings (for example Macedonia). *Construction of Unique Buildings and Structures*. 2014. 6(21). Pp. 7–16. (rus)
- [27]. Smirnova Ye.V., Vasyutkina D.I. *Rezultaty sravnitel'nogo analiza akusticheskikh svoystv stroitelnykh materialov* [A comparative analysis of the acoustic properties of building materials] *Vestnik belgorodskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo universiteta im. V.G. Shukhova*. 2013. Vol. 1. Pp.26–29. (rus)
- [28]. *Problemy otsenki fiziko-tekhnicheskikh kharakteristik ograzhdayushchikh konstruksiy pri monitoringe zhilykh zdaniy na stadii ikh vozvedeniya* / Ledenev V.I., Alenicheva Ye.V., Matveyeva I.V., Kryshov S.I. [Problems of assessing physical and technical characteristics of walling in the monitoring of residential buildings at the stage of their construction] *Nauchnyy vestnik voronezhskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta*. 2012. Vol. 2. Pp. 16–22. (rus)
- [29]. GOST 16297–80. «*Materialy zvukoizolyatsionnyye i zvukopogloshchayushchiye. Metody ispytaniy*». [GOST 16297-80. "Sound-proof materials and absorbing. Test methods. "] (rus)
- [30]. Sound and vibration damping characteristics in natural material based sandwich composites / James J. Sargianis, Hyung-Ick Kim, Erik Andres, Jonghwan Suhra, *Composite Structures*. 2013. Vol. 96. pp. 538–544.
- [31]. GOST R 53378–2009. «*Materialy akusticheskiye, primenyayemyye v plavayushchikh polakh zhilykh zdaniy. Metod opredeleniya dinamicheskoy zhestkosti*». [GOST R 53378-2009. "Materials speakers used in floating floors of residential buildings. Method for determination of dynamic stiffness. "] (rus)
- [32]. GOST R 53376–2009. «*Materialy zvukopogloshchayushchiye. Metod izmereniya zvukopogloshcheniya v reverberatsionnoy kamere*». [GOST R 53376-2009. "Materials absorbing. Method of measurement of sound absorption in a reverberation chamber."] (rus)

Глушко Д.В., Антонова М.В., Беляева С.В. Современные средства защиты от шума, применяемые в ограждающих конструкциях // Строительство уникальных зданий и сооружений. 2015. №3(30). С. 38-48.

Glushko D.V., Antonova M.V., Belyaeva S.V. Modern means of protection from noise applied in building envelop. Construction of Unique Buildings and Structures, 2015, 3(30), Pp. 38-48. (rus)