

УДК: 699.844
OECD: 01.03 AA

Исследования акустических свойств материалов для дополнительной звукоизоляции в многоквартирных жилых домах в условиях применения различных строительных конструкций

Гуреев К. А.¹, Трясцин Д. В.^{2*}

¹ Кандидат экономических наук, доцент кафедры строительного инжиниринга и материаловедения

² Магистрант

^{1,2} Пермский национальный исследовательский политехнический университет, г. Пермь, РФ

Аннотация

Рассмотрена значимость звукоизоляции в многоквартирном доме для обеспечения комфорта жильцов. Отмечено, что использование при возведении межквартирных перегородок и межэтажных перекрытий эффективных по звукоизоляции материалов решает проблему плохой звукоизоляции. Проведено исследование звукоизоляционных свойств наиболее известных материалов для дополнительной изоляции. Представлена сводная информация по исследованию.

Особое внимание уделяется вопросу поиска оптимальных решений по соотношению цена-эффективность, что позволит застройщикам подобрать наиболее подходящие материалы из предлагаемого перечня.

Сравнение звукоизоляционных свойств материалов проведено с применением нормативных показателей в домах с кирпичной кладкой.

Информация основывается на проведенных экспериментальных исследованиях звукоизоляции каркасных конструкций с применением современных материалов по дополнительной звукоизоляции.

Ключевые слова: лабораторные исследования, звукоизоляционная эффективность материалов, дополнительная звукоизоляция, монолитно-каркасная конструкция, кирпичная кладка, экономическая целесообразность.

Studies of acoustic properties of materials for additional sound insulation in multi-apartment residential buildings under conditions of application of various building structures

Gureev K. A.¹, Triastcin D. V.²

¹ Ph.D. of Economics Sciences, Associate Professor of the Department of Construction Engineering and Materials Science

² Undergraduate student

^{1,2} Perm National Research Polytechnic University, Perm, Russian Federation

Abstract

The importance of sound insulation to ensure the comfort of residents in an apartment building is considered. It is noted that the use of effective sound insulation materials in the construction of inter-apartment partitions and inter-storey floors solves this problem of poor sound insulation. A study of the sound insulation properties of the most well-known materials for additional insulation has been carried out. Summary information on the study is presented.

Particular attention is paid to the issue of finding optimal solutions in terms of price-efficiency ratio, which will allow developers to choose the most suitable materials from the proposed list.

A comparison of the sound insulation properties of the materials was carried out with the normative indicators and houses with brickwork.

The information is based on the conducted experimental studies of sound insulation of frame structures using modern materials for additional sound insulation.

Keywords: *laboratory studies, sound insulation efficiency of materials, additional sound insulation, monolithic frame structure, brickwork, economic feasibility.*

Введение

Серьезная проблема, с которой сталкиваются жильцы многоквартирных домов, — плохая звукоизоляция. Важно отметить, что акустический комфорт признан врачами важным компонентом городского комфорта и его достижение стало представлять собой актуальную задачу как для жилищного строительства, так и для генерального планирования городов.

При рассмотрении различных способов решения проблем недостаточной звукоизоляции ранее рассматривались различные варианты возведения дополнительных звукоизоляционных конструкций с применением специальных звукоизоляционных материалов [1]. Отмечается, что использование в строительстве лучших по звукоизоляционным свойствам материалов является ключевым способом решения проблемы. Также в работах [2] систематизировались все современные строительные материалы для межквартирной звукоизоляции в жилых помещениях многоквартирных домов. Материалы классифицируются и разбиваются по категориям для использования в звукоизоляции: стен (звукопоглощающие, звукоизолирующие, ультратонкие), пола (мембранные, рулонные, плитные) и потолка (звукопоглощающие, звукоизолирующие, композиты).

Проблема поиска и применения наиболее эффективных дополнительных звукоизоляционных материалов в строительстве требует дальнейших исследований по причине отсутствия достаточного количества открытых информационных данных о результатах измерений профильными предприятиями и лабораториями. Практический интерес исследований уровня звукоизоляции представляют многослойные конструкции с добавлением специальных акустических материалов, используемых теми или иными застройщиками.

Также требуется отметить значительное разнообразие представленных на рынке материалов, требующих установления их фактических звукоизоляционных свойств.

1. Целесообразность исследований уровня звукоизоляции материалов, используемых для устройства межкомнатных перегородок и межэтажных перекрытий в многоквартирном доме

Низкий уровень межквартирной звукоизоляции вынуждает строителей искать альтернативные материалы для возведения перегородок и перекрытий. В звукоизоляционных системах, производимых последние 5-6 лет, применяются преимущественно, тонкие материалы – например, тяжелые звукоизоляционные мембраны толщиной 2-4 мм. Данными материалами, в сочетании с шумопоглощающими плитами, например, на основе минеральной ваты, полиэфирного волокна и иных материалов, обеспечивается эффективная звукоизоляция при экономии пространства. Поиски оптимальных решений по соотношению цена-эффективность являются

определяющими. При этом требуется принять во внимание наличие различных вариантов возведения звукоизоляционных конструкций, а также внимательно отнестись к понятию эффективности, которое может трактоваться двояко. С одной стороны, бюджетная эффективность, т.е. достижение достаточного эффекта при минимизации затрат, с другой стороны – достижение должного уровня звукоизоляции при минимальных потерях пространства при возведении конструкции.

«Звуковая энергия, падающая на бесконечную ограждающую поверхность, частично поглощается ею, частично отражается, а частично проходит через нее. Звукоизоляцией называется величина обратная коэффициенту звукопроводности. Значение величины характеризует процесс отражения звука и является мерой звукопроницаемости преграды» [3]. «Изоляция воздушного шума характеризует снижение уровня воздушного шума ограждающей конструкцией, измеренное в лабораторных условиях в соответствии с методом, устанавливаемым стандартом ГОСТ 27296-2012» [4]. Фактическая изоляция воздушного шума равна десяти десятичным логарифмам отношения звуковой мощности, падающей на испытуемый элемент, к полной звуковой мощности, переданной в помещение низкого уровня, в том числе и по обходным путям. Фактический приведенный уровень ударного шума, дБ измеряют в лабораториях при наличии косвенной передачи звука или в натуральных условиях.

Индекс изоляции воздушного шума, дБ. - величина, служащая для оценки одним числом изоляции воздушного шума ограждающей конструкцией. Индекс приведенного уровня ударного шума, дБ - величина, служащая для оценки одним числом изоляции ударного шума. Индекс улучшения изоляции ударного шума покрытиями полов, дБ - величина, служащая для оценки одним числом улучшения изоляции ударного шума покрытиями полов. Метод измерения изоляции воздушного шума внутренними ограждающими конструкциями заключается в измерении и сравнении средних уровней звукового давления в помещениях высокого и низкого уровней с учетом поглощения звука в помещении низкого уровня.

«Необходимая звукоизоляция достигается за счет уменьшения и поглощения шума. Количественная мера звукоизоляции ограждающих конструкций выражается в децибелах. Степень необходимости звукоизоляции перекрытий зависит от характеристик, используемых в строительстве материалов и соблюдения всех технологических норм. Так, в случае сооружения перекрытий из нескольких слоев: качественных заводских бетонных плит и дополнительных акустических материалов при тщательном и аккуратном их монтаже может обеспечить необходимый надежный уровень звукоизоляции в многоквартирном доме.» [4]

Параметры звукоизоляции подлежат измерениям аккредитованной лабораторией с использованием специальных акустических приборов. Для измерения изоляции воздушного шума используется аппаратура, излучающая шум: генератор шума, голосовые треть октавные фильтры, усилители мощности, громкоговорители. Передающая измерительная система, излучающая шум при измерениях изоляции ударного шума, должна состоять из ударной машины. Коэффициент звукоизоляции от воздушного и ударного шумов считается фундаментальным параметром для лабораторных испытаний ограждающих конструкций. По нормативу в соответствии с действующими ГОСТ 27296 [5] и СП № 51.133330.2011 [6] индекс звукоизоляции воздушного шума не должен быть менее $R_w=52$ дБ, а ударного шума более $L_{nw}=60$ дБ. Коэффициент учитывает диапазон частот в третьоктавных полосах, от 100 Гц до 3150 Гц.

Общепринятым мнением является эталонность кирпичного объекта жилой недвижимости в части комфорта, в том числе, и по уровню звукоизоляции. Стена, толщина которой составляет один кирпич (расхожий термин), с учетом штукатурки,

обеспечивает звукоизоляцию на уровне 54 дБ. Толщина такой стены также известна и принимается на диапазоне 260-270 мм. Также известными величинами являются показатели при возведении стены толщиной в половину кирпича. Такая конструкция обеспечивает уровень шумоизоляции в диапазоне 47-49 дБ. При толщине стены 140-150 мм. Указанные значения выше показателей, требуемых СНиПами. Жильцы же при этом отмечают, что не во всех случаях может быть достигнут абсолютный комфорт проживания.

Однако, в современном высотном многоквартирном строительстве применение кирпичной кладки является экономически нецелесообразным, а также является ограничением высотности возводимого объекта.

Значительно уступают кирпичным перегородки из пеноблоков, которые ещё и требуют понимание плотности. Типовым изделием является пеноблок плотностью газобетона 500 кг/м³ толщиной 200 мм. Уровень достижимой звукоизоляции при возведении стен из данного материала толщиной 300 мм составляет порядка 45 дБ.

Худшим показателем обладают сборные перегородки. Полая конструкция практически не обеспечивает звукоизоляцию (35 дБ – наиболее ожидаемая величина). Ситуацию можно изменить, при применении заполнения звукоизоляционными материалами. При использовании качественных материалов индекс изоляции воздушного шума увеличивается в несколько раз. На рынке звукоизоляционных материалов постоянно появляется информация о новых производителях и брендах. В связи с постоянно растущим темпом строительства неизбежно появляются недобропорядочные производители, что косвенным образом подтверждает востребованность звукоизоляционных материалов, услуг по их возведению. В таких условиях больший интерес вызывают независимые сравнительные тесты по индексу звукоизоляции наиболее известных материалов, а также предлагаемых новинок.

2. Практическое испытание уровня звукоизоляции дополнительных акустических материалов

Реализуя попытку проведения практикоориентированных независимых и беспристрастных исследований, в лабораторных условиях подвергались изучению разные каркасные дополнительные звукоизоляционные материалы.

Под каркасной конструкцией дополнительной звукоизоляции понимается конструкция, состоящая из несколько различных по типу элементов, каждый из которых обеспечивает свою часть эффективной системы звукоизоляции в целом. Так, например, в проводимом исследовании в число данных элементов входили – бетонная плита 180 мм., слой дополнительного звукопоглощающего материала, стяжка и паркет или ламинат (рис.1). Использовалась схема, предполагающая крепление каркаса стеновой облицовки только к полу («в распор»). В процессе исследования планировалось выяснить:

1. какие слои конструкции в наибольшей степени влияют на акустический результат;

2. какими минимальными средствами по стоимости и толщине можно существенно увеличить звукоизоляцию облицовочной части, чтобы достичь степень звукоизоляции на требуемом уровне;

3. какие новые материалы целесообразно использовать, опираясь на экономическую целесообразность, минимизируя потери площадей и жилых пространств.



Рис. 1. Пример возводимой каркасной конструкции дополнительной звукоизоляции

В процессе испытаний аккредитованной лабораторией, в соответствии с ранее обозначенным ГОСТом и СП, были измерены параметры звукоизоляции семи перекрытий, состоящих из экспериментального набора слоев, в многоквартирном монолитно-каркасном жилом доме с целью определения лучших по звукоизоляционным свойствам материалов и поиска наиболее выгодных по соотношению цена-качество решений. Очевидно, что разные по свойству и составу шумоизоляционные материалы имеют своеобразные способы уменьшения и поглощения звука. В статье [7] рассмотрены способы осуществления звукоизоляции, которые выполняют материалы с разными свойствами (это добавление массы, демпфирование, развязка, абсорбция). Самым эффективным оказался способ эффекта демпфирования (преобразование энергии в тепло) против низкочастотных шумов, таких как басовые ритмы музыки или шумы от строительной техники.

Конструкции, выбранные для исследования, отличались только устройством облицовочного слоя. Для корректности эксперимента во всех случаях использовался один и тот же тип каркаса. Также материалы для заполнения внутреннего пространства облицовок выбирались аналогичные.

В исследовании испытывались главным образом пять акустических материалов разных производителей, используемых в качестве дополнительной звукоизоляции. Эти материалы входят в число наиболее известных и популярных марок по показателю наиболее частого использования в современном строительстве (данные независимой аккредитованной лаборатории, наименование не разглашается, поскольку статья не является рекламой услуг). Для получения достоверных результатов измерения производились с обеих сторон конструкции: снизу-вверх и сверху-вниз.

Изоляция воздушного шума определялась для конструкций, разделяющих смежные помещения. Типовая схема проведения исследования такова: «в одной квартире размещался источник шума, проводились измерение уровня шума в помещении высокого уровня и за стеной — в помещении низкого уровня.» При проведении исследований оценивались характеристики помещения низкого уровня (время реверберации), потом построили кривую изоляции воздушного шума (рис.2), а по ней определялся индекс как конечная цель всех испытаний.

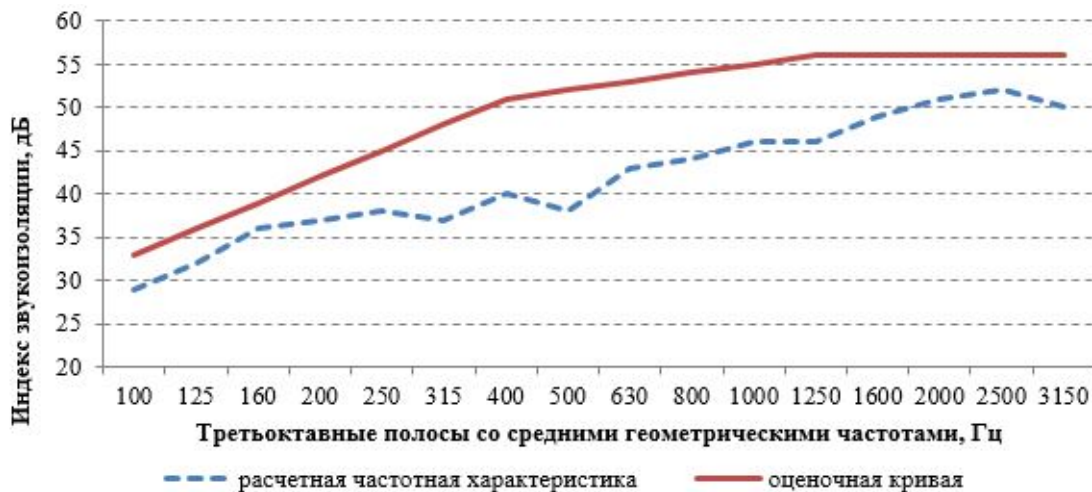


Рис. 2. Расчетные уровни звукоизоляции в сравнении с нормативом (по частотам)

Для определения воздействия ударного шума на конструкцию пола в разных местах по заданной методике устанавливалась ударная машинка (не менее чем в трёх точках на испытуемом перекрытии на расстоянии не менее 0,7 м.) Измерялся уровень шума под перекрытием в помещении снизу, и также оцениваются акустические характеристики помещения. Далее определялась изоляция ударного шума, по результатам которой вычислялся индекс изоляции как основной характеристики, которая используется для оценки соответствия.

Также проведен сравнительный анализ средней стоимости звукоизоляционных материалов за 1 квадратный метр на Интернет ресурсах (например, [8] или [9]). Для комплексной оценки введён новый параметр «Улучшение звукоизоляции», который рассчитывается как отклонение полученного измерительным путём индекса шумоизоляции от нормативного значения для каждого из видов шумов. Поскольку каждый из представленных способов шумоизоляции подлежит стоимостной оценке, то представлена информация о средней стоимости применяемой конструкции, которая рассчитывается делением стоимости 1 м² материала (руб.) на улучшение им звукоизоляции в децибелах (Таблица 1, столбец 7). Данный показатель является важной потребительской характеристикой, поскольку отражает прирост качества жизни в помещении в зависимости от стоимости улучшений. Застройщикам становится ясно, какой объём затрат требуется произвести, чтобы получить достаточный уровень комфорта для жильцов.

Таблица 1

Результаты оценки эффективности звукоизоляционных материалов

	Название звукоизоляционного материала	Тип	Индекс воздушной шумоизоляции дБ (норматив ≥ 52 дБ)	Индекс ударной шумоизоляции дБ (норматив ≤ 60 дБ)	Улучшение воздушной звукоизоляции, дБ	Улучшение ударной звукоизоляции, дБ	Средняя стоимость материала, руб. за 1 кв.м.
	1	2	3	4	5	6	7
1	Роквул акустик батс 27 мм	каменная вата	67	46	15	14	743
2	Термозвукоизол 14 мм	стекловолоконный холст трехслойный звукоизолирующий и вибродемпфирующий материал	67	46	15	14	600
3	k fonik fiber 25 мм	вспененный каучук	65	46	13	14	1113
4	Шуманет-100, 5 мм	звукоизолирующая битумно-полимерная подложка под стяжку	61	48	11	12	500
5	Изорулон 5 мм+5 мм	вспененный полиэтилен	57	56	5	4	508
6	Изорулон 8 мм	вспененный полиэтилен	54	57	2	3	304
7	Изорулон 10 мм	вспененный полиэтилен	56	61	4	-1	470

На первом и втором месте по улучшению звукоизоляции оказались материалы «Термозвукоизол» (п.2, таблица 1) при относительно малой толщине слоя в 14 мм и «Роквул акустик батс» (п.1, таблица 1) при толщине слоя 27 мм (таблица 1). Сравнительный анализ показывает, что по стоимости за 1 кв.м. эти материалы находятся на среднем уровне, однако по эффективности улучшения звукоизоляции (руб./дБ) (стоимостная оценка возведения конструкции с учётом достигнутого уровня шумоизоляции) стоимость у них самая низкая. Даже экспериментальная конструкция с двумя слоями «Изорулона» 5 мм (п.1, таблица 5) показала менее эффективный результат.

Результат применения материала с хорошей звукоизоляцией обеспечивает уровень звукоизоляции 54 дБ и более (+2 дБ от нормы). Для сравнения: стена в один кирпич со штукатуркой (280 мм толщины) обеспечивает именно такой уровень звукоизоляции. Все

испытываемые материалы показали результат выше нормативных значений в среднем на +8-9 дБ по воздушной звукоизоляции и +9-8 по ударной звукоизоляции. Однако, по своему стоимостному выражению удалось определить явных лидеров.

Большая часть испытываемых материалов максимально удовлетворяет потребность жильцов многоквартирных домов в шумоизоляции межквартирных перекрытий в соответствии с рекомендуемыми уровнями шума по нормам DIN EN ISO 11690 [10] (Таблица 2).

Таблица 2

Шкала шумов (сопоставление уровней звука с субъективными описательными характеристиками испытываемых жильцов)

Помещение с источником шума	Значение индекса звукоизоляции ограждения R_{wb} дБ	Помещение с приёмником шума
Нормальный разговор	35	Хорошо понятно
Нормальный разговор	40	Еле слышно
Громкий разговор	45	Неразборчиво
Радио, телевизор нормальной громкости	45	Хорошо, понятно
Громкий разговор	50	Слабо слышно
Радио, телевизор нормальной громкости	50	Слабо слышно
Нормальный разговор	55	Не слышно
Радио, телевизор нормальной громкости	55	Еле слышно
Громкий разговор	60	Не слышно
Радио, телевизор нормальной громкости	60	Не слышно

Расчет стоимости материалов для улучшения звукоизоляции в типовой трехкомнатной квартире площадью 60 кв.м. со средней стоимостью 5 млн рублей составит около 120 тыс. руб., это примерно 2,4 % стоимости квартиры (200 м²·600 руб.=120 тыс. руб.). Следовательно, существенно более затратной покупкой будет приобретение квартиры в кирпичном доме по сравнению с объектом в доме монолитно-каркасной конструкции.

Заключение

По результатам наших натурных испытаний в жилом многоквартирном доме были получены ответы на ранее поставленные вопросы:

1. Лучшие результаты по звукоизоляции показали материалы, состоящие из трехслойного стекловолоконного холста (Термозвукоизол 14 мм) и каменная вата (Роквул акустик батс 27 мм), одинаковое улучшение 15 дБ и 14 дБ, по воздушной и ударной звукоизоляции соответственно;

2. Термозвукоизол 14 мм более предпочтителен по толщине и стоимости;

3. Стекловолоконный холст трехслойный звукоизолирующий и вибродемпфирующий материал наиболее целесообразно использовать для звукоизоляции в многоквартирных домах.

У застройщиков многоквартирных домов, благодаря исследованиям уровня звукоизоляции аккредитованной лабораторией, есть возможность подобрать наиболее подходящие материалы по требуемому уровню звукоизоляции для использования в монтаже различных межэтажных перекрытий и межквартирных перегородок,

обеспечивая качество проживания покупателей уровнем не ниже эталонных кирпичных домов. Использование комплексного подхода к проведению исследований акустических звукоизоляционных свойств материалов и возводимых с их помощью конструкций независимыми лабораториями поможет подобрать более выгодные акустические материалы по соотношению эффективность-стоимость, ликвидировать имеющийся дискомфорт жильцов, проживающих в современных домах, улучшить качество строительной отрасли в целом.

Должный эффект от данной работы может быть достигнут при условии увеличения числа проводимых испытаний, применения иных методов допуска тех или иных материалов для производства строительных работ, а также с вводом в качестве требований к застройщикам проведения обязательных звукоизоляционных испытаний возведённых объектов.

Список литературы

1. К. А. Гуреев, Д. В. Трясцин Способы повышения звукоизоляции в домах построенных по монолитно-каркасной технологии (https://agasy.pf/journal/wp-content/uploads/2022/08/isvp_-2_40_2022_31-36.pdf) // Научно-технический журнал «Инженерно-строительный вестник Прикаспия», № 2, 2022.
2. Л.А. Опарина, А.А. Баделина Систематизация факторов, влияющих на выбор организационно-технических решений по звукоизоляции помещений при капитальном ремонте многоквартирных // УМНЫЕ КОМПОЗИТЫ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ 2022. Том 3, Выпуск 1. С. 7-17
3. Иванов Н.И. Инженерная акустика. Теория и практика борьбы с шумом Учебник. — М.: Университетская книга, Логос, 2008. - 424 с,
4. Королева, А. Н. Современные методы звукоизоляции в многоквартирных домах / А. Н. Королева. — Текст : непосредственный // Молодой ученый. — 2020. — № 8 (298). — С. 30-32. — URL: <https://moluch.ru/archive/298/67579/>
5. ГОСТ 27296-2012 Методы измерения звукоизоляции ограждающих конструкций: МЕЖГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТАНДАРТ. ЗДАНИЯ И СООРУЖЕНИЯ, Дата введения 2014-01-01 (<https://docs.cntd.ru/document/1200103111>)
6. СП 51.13330.2011 Свод правил. Защита от шума, Дата введения 2011-05-20 (<https://docs.cntd.ru/document/1200084097>)
7. Деркач Н.В., Шаповаленко Я.И. СУЩНОСТЬ ЗВУКОИЗОЛЯЦИИ И СПОСОБЫ ЕЕ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ // Academy. № 10 (25), 2017. С. 30-31.
8. Маркетплейс, сервис для покупки товаров. – Дата основания, 2000 г. –URL: <https://market.yandex.ru/> (дата обращения 10.10.2022).
9. Строительный гипермаркет. Товары для дома. Строительные материалы. –URL: <https://perm.leroymerlin.ru/> (дата обращения 10.10.2022).
10. Электронный фонд правовых и нормативно-технических документов. Национальный стандарт Российской Федерации. Акустика. Рекомендуемые методы проектирования малозумных рабочих мест производственных помещений. Часть 1. Принципы защиты от шума –URL <https://docs.cntd.ru/document/1200062126>

References

1. K. A. Gureev, D. V. Triastcin Ways to increase sound insulation in houses built using monolithic frame technology (<https://aracy.RF/journal/> Дата введения 2011-05-20) //Scientific and Technical journal "Engineering and Construction Bulletin of the Caspian Sea", No. 2, 2022.
2. L.A. Oparina, A.A. Badelina Systematization of factors influencing the choice of organizational and technical solutions for sound insulation of premises during major repairs of apartment buildings // SMART COMPOSITES IN CONSTRUCTION 2022. Volume 3, Issue 1. pp. 7-17
3. Ivanov N.I. Engineering acoustics. Theory and practice of noise control Textbook. — M.: University book, Logos, 2008. - 424 p.,
4. Koroleva, A. N. Modern methods of sound insulation in apartment buildings / A. N. Koroleva. — Text : direct // Young scientist. — 2020. — № 8 (298). — Pp. 30-32. — URL: <https://moluch.ru/archive/298/67579>
5. GOST 27296-2012 Methods for measuring sound insulation of enclosing structures: INTERSTATE STANDARD. BUILDINGS AND STRUCTURES, Date of introduction 2014-01-01 (<https://docs.cntd.ru/document/1200103111>)
6. SP 51.13330.2011 Set of rules. Noise protection, Date of introduction 2011-05-20 (<https://docs.cntd.ru/document/1200084097>)
7. Derkach N.V., Shapovalenko Ya.I. THE ESSENCE OF SOUND INSULATION AND METHODS ITS IMPLEMENTATION // Academy. No. 10 (25), 2017. pp. 30-31.
8. Marketplace, a service for buying goods. – Date of foundation, 2000 г. –URL: <https://market.yandex.ru/> (date of application 10.10.2022).
9. Construction hypermarket. Household goods. Building materials. –URL: <https://perm.leroymerlin.ru/> (date of application 10.10.2022).
10. Electronic fund of legal and regulatory documents. National Standard of the Russian Federation.Acoustics. Recommended practice for the design of low-noise workplaces containing machinery. Part 1. Noise control strategies–URL <https://docs.cntd.ru/document/1200062126>