

УДК 624.69

**ОБ ОЦЕНКЕ КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ ПЕРЕКРЫТИЙ
ДЛЯ АКУСТИЧЕСКОГО КОМФОРТА ПАНЕЛЬНЫХ ЗДАНИЙ**

Дмитриева Н.В., к.т.н., доцент,

Лукашенко Л.Э., доцент,

Зайцева Д.В., магистрант,

Одесская государственная академия строительства и архитектуры

dmitrieva.nv76@gmail.com

Аннотация. Статья посвящена исследованиям звукоизоляции от ударного и воздушного шума при реновации междуэтажных перекрытий панельных зданий, на примере г. Одессы. В статье раскрываются проблемы звукоизоляции перекрытий панельных домов 60-70-х годов застройки. Проведен анализ полученных зависимостей влияния типа многослойной системы на показатели изоляции ударного и воздушного шумов. Обоснована необходимость применения методики многокритериального анализа при оптимизации конструктивно-технологических решений многослойной системы «потолок-перекрытие-пол». Приведены результаты оценки технико-экономического обоснования конструктивно-технологических решений звукоизоляции перекрытий. Выявлено, что реновация перекрытий исследуемых панельных домов позволяет повысить индекс изоляции воздушного шума от 1,25-3 раз, а индекс приведенного уровня ударного шума под перекрытием в 1,65 раз.

Ключевые слова: звукоизоляционный экран, многослойная система, технико-экономическое обоснование, продолжительность, стоимость, расход материала.

**ПРО ОЦІНКУ КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГІЧНИХ РІШЕНЬ ПЕРЕКРИТТІВ
ДЛЯ АКУСТИЧНОГО КОМФОРТУ ПАНЕЛЬНИХ БУДИНКІВ**

Дмитрієва Н.В., к.т.н., доцент,

Лукашенко Л.Е., доцент,

Зайцева Д.В., магістрант,

Одеська державна академія будівництва та архітектури

dmitrieva.nv76@gmail.com

Анотація. Стаття присвячена дослідженням звукоізоляції від ударного і повітряного шуму при реновації міжповерхових перекриттів панельних будинків, на прикладі м Одеси. У статті розкриваються проблеми звукоізоляції перекриттів панельних будинків 60-70-х років забудови. Проведено аналіз отриманих залежностей впливу типу багатошарової системи на показники ізоляції ударного і повітряного шумів. Обґрунтовано необхідність застосування методики багатокритеріального аналізу при оптимізації конструктивно-технологічних рішень багатошарової системи «стеля-перекриття-підлога». Наведено результати оцінки техніко-економічного обґрунтування конструктивно-технологічних рішень звукоізоляції перекриттів. Виявлено, що реновація перекриттів панельних будинків, які досліджувалися дозволяє підвищити індекс ізоляції повітряного шуму від 1,25 до 3 разів, а індекс наведеного рівня ударного шуму під перекриттям у 1,65 раз.

Ключові слова: звукоізоляційний екран, багатошарова система, техніко-економічне обґрунтування, тривалість, вартість, витрата матеріалу.

ASSESSMENT OF CONSTRUCTIVE AND TECHNOLOGICAL SOLUTIONS OF FLOORS FOR ACOUSTIC COMFORT OF PANEL BUILDINGS

Dmitrieva N.V. PhD., Assistant Professor,

Lukaschenko L.E., Assistant Professor,

Zaitseva D.V. master,

Odessa State Academy of Civil Engineering and Architecture

dmitrieva.nv76@gmail.com

Abstract. The article is devoted to the research of sound insulation from impact and air noise during renovation of inter-storey floor slabs of panel buildings, using the example of Odessa. The article deals with the problems of sound insulation of floors in panel buildings erected in 60's and 70's. The analysis of the obtained dependences of the influence of the type of a multilayer system on the insulation index of impact and air noise is carried out. The types of sound insulating substrates (Acuflex and Isolon 500); scheme of installation of a false ceiling frame (with application of vibro-suspended suspensions Vibrofix PU and self-glued tape Vibrosil Norma); the thickness of cement-sand screed (0.03-0.05 m) varied in the experiment. The necessity of application of the multi-criteria analysis technique for optimizing the constructive and technological solutions of the multi-layer "ceiling-floor-flooring" system is justified. The results of the evaluation of the feasibility study of constructive and technological solutions for sound insulation of floors are given. On the basis of the multi-criteria analysis, as well as the results of the full-scale experiment, it is determined that the optimal solution for renovating floor slabs of panel buildings is a system with the use of sound insulating material Isoion 500 and Isolon Elit 4 mm thick and the thickness of cement-sand screed M150 – 30 mm. It was found that the renovation of floors of the panel buildings under study makes it possible to increase the air noise insulation index from 1.25 to 3 times, and the index of the reduced level of impact noise under the floor 1.65 times.

Key words: soundproof screen, multilayer system, feasibility study, duration, cost, material consumption.

Проблема. Стремление к тишине – это не прихоть, а насущная необходимость человеческого организма.

Здоровье и работоспособность человека в основном зависит от санитарно-гигиенических условий, как на рабочем месте, так и дома, в частности параметров звукоизоляции жилых, гражданских и производственных помещений.

По данным Госстата среди крупных городов Украины именно Одессе принадлежит первенство по удельному весу «хрущевок» – панельных зданий: более тысячи, на них приходится 20 % городского населения и 18 % жилфонда. Практически все они были построены между 1961 и 1973 годами.

Одной из отличительных черт панельных зданий остается предельно плохая звукоизоляция. Объясняется это тем, что при строительстве применялись крупноформатные панели, которые старались делать максимально плотными и тонкими.

В комплексные мероприятия по снижению проникновению шума в квартиру входит: шумоизоляция стен, потолка и пола.

Современный строительный рынок изобилует предложениями отделочных материалов, обладающих, звукоизоляционными и теплоизоляционными свойствами, но не всегда предоставленная информация от производителя, как показывает практика, соответствует действительности.

Таким образом, повышение акустического комфорта в помещении за счет определения оптимальных параметров звукоизоляции перекрытий, направленное на улучшение условий жизнедеятельности человека, повышение производительности труда, является актуальной научно-практической задачей.

Анализ последних исследований и публикаций. Борьбе с шумом методами звукоизоляции посвящены труды С.П. Алексева, И.И. Боголепова, Л.А. Борисова, В.И. Заборова, Н.И. Иванова, А.А. Климухина, И.И. Ключкина, С.Д. Ковригина, В.Г. Крейтана, С.Н. Овсянникова, Г.Л. Осипова, М.С. Седова, Б.Д. Тартаковского, Э.В. Ретлинга, Сенан Адель Мохаммед, в которых изложены методики расчета и проектирования различных типов звукоизолирующих ограждений. Однако до сих пор остается малоизученным вопрос звукоизоляции многослойной системы «Потолок-перекрытие-пол» междуэтажных перекрытий панельных зданий.

Цель и задачи. Целью данной работы является оценка конструктивно-технологических решений звукоизоляции в результате реновации перекрытий панельных зданий, на примере объектов г. Одессы.

Для достижения цели определены следующие задачи:

- исследование звукоизолирующих свойств многослойной системы «потолок-перекрытие-пол»;
- определение показателей расхода и стоимости материалов, трудоемкости устройства системы «потолок-перекрытие-пол».

Результаты исследований. Поскольку наибольшее количество звуковой энергии, вызванной источниками как ударного, так и воздушного звука, проникает в помещение через конструкцию перекрытия, то актуальным с инженерной точки зрения является вопрос о рассмотрении характеристик звукоизоляции от воздушного и ударного шума междуэтажного перекрытия в комплексе и во взаимосвязи. Комплексная акустическая характеристика представляет существенный практический интерес в качестве общего критерия оценки звукоизоляционных свойств данного вида конструкций [1].

Основной интерес представляют собой многослойные системы и разработка на их основе конструктивно-технологических решений, с повышенными звукоизоляционными характеристиками, при их минимальной толщине, что актуально для «хрущевок» высотой помещений 2,5-2,6м. Они состоят из нескольких чередующихся слоев, плотных и мягких строительных материалов.

Для создания интегральных защитных звукоизоляционных экранов требуется применение материалов, обладающих потерями для электромагнитного излучения (ЭМИ) диапазона сверхвысоких частот (СВЧ), с неоднородной структурой, рассеивающей распространяющиеся волны, сформированной из нескольких слоев с различными микроволновыми и акустическими свойствами [2].

Натурные исследования звукоизоляции перекрытий ниже упомянутых объектов до реновации показало следующие результаты, сведенные в таблице 1.

Таблица 1 – Натурные исследования звукоизоляции перекрытий до реновации

Конструктивно-технологические решения			
ТИП 1	ТИП 2	ТИП 3	ТИП 4
Паркет – 15мм Мастика – 2-3мм Ц/м стяжка – 40мм Многослойная плита перекрытия (1ПК) – 220мм Побелка	Плитка ПВХ – 3,5мм Мастика – 2-3мм (1ПК) – 220мм Побелка	Линолеум на войлочной основе – 3мм Мастика – 3мм Ц/м стяжка – 30мм (1ПК) – 220мм Метал. каркас – 60мм (ГКЛ) – 9мм	Линолеум на войлочной основе – 3мм Мастика – 3мм (1ПК) – 220мм Побелка
Объект натурных испытаний			
Жилой дом ул. Гайдара 35 2 и 3 этажи Габариты комнаты: 5,3×3,22×2,55м	Жилой дом ул. Заболотного 21 4 и 3 этажи Габариты комнаты: 4,7×3,35×2,6м	Жилой дом ул. Заболотного 21 3 и 2 этажи Габариты комнаты: 4,7×3,35×2,6м	Общежитие 3-4 этажи Габариты комнаты: 4,2×3,6×2,6м

Согласно ДБН В.1.1-31:2013 «Захист територій, будинків і споруд від шуму» междуэтажное перекрытие должно иметь индекс изоляции воздушного шума $R_w \geq 52$ дБ, а индекс приведенного уровня ударного шума под перекрытием $L_{nw} \leq 55$ дБ.

Измерения звукоизоляции приведенного ударного шума состоят из следующих этапов:

- подготовка к испытаниям помещений;
- измерение уровней ударного и воздушного шума под перекрытием при создании на нем ударных воздействий;
- обработка результатов измерений.

Объектами исследования являлись жилые дома по улице Заболотного 21, Гайдара 35 и студенческое общежитие по ул. Генерала Петрова, 54. Максимальный объем каждого из помещений не превышал 150 м^3 . Перед измерениями произведены замеры линейных размеров помещений с точностью до $0,1 \text{ м}$. Общая для двух помещений площадь ограждения должна быть не менее 10 м^2 . Все двери и окна в испытательных помещениях на время измерений были закрыты. На момент испытания все создающие шум бытовые приборы были выключены. Испытания проводились с использованием шумомера ET-956 FLUS результаты, которых приведены на рис. 1.

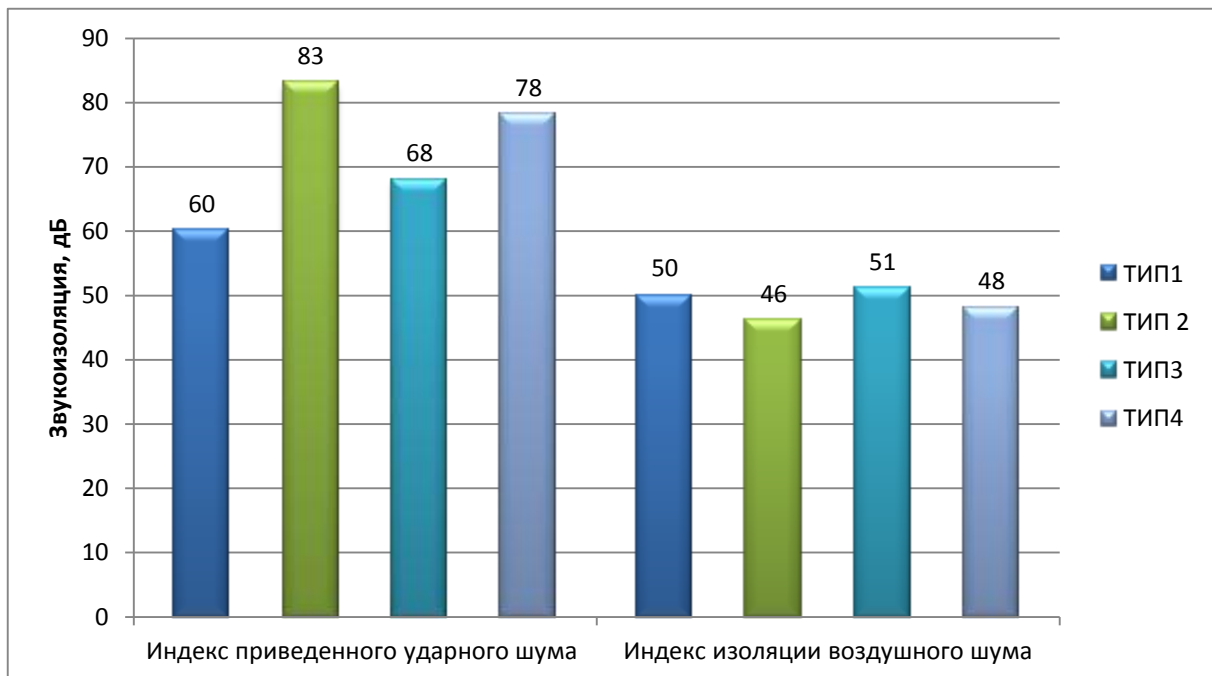


Рис. 1. Диаграмма измерений звукоизоляции перекрытий до реноваций

Как видно по результатам исследований (рис. 1) ни один тип не соответствует требованиям ДБН. Наиболее приближенные к требуемым показателям индекса ударного и воздушного шумов зафиксированы у перекрытия ТИПа 1, соответственно 60 дБ и 50 дБ . Заметим, что наиболее высокие показатели звукоизоляции характерны системам, где одним из составляющих является цементно-песчаная стяжка.

Выбор материалов для обеспечения дополнительной звукоизоляции в жилых помещениях основывается не только на требованиях высокой акустической эффективности, а также не менее весомые требования наименьшей толщины, гигиеничности, пожаробезопасности и трудоемкости монтажа. Отдельным вопросом стоит требование невысокой стоимости конструкций дополнительной звукоизоляции. Последнее, в сочетании с требованием наименьшей толщины, в корне отличает данные звукоизоляционные конструкции от толстых, сложных высокоэффективных конструкций, применяемых для звукоизоляции специальных помещений, таких как студии звукозаписи или коммерческие кинотеатры.

Теоретически і експериментально обосновані передумови високої ефективності каркасно-обшивних облицовок при переході від ідеальної моделі до реальним будівельним конструкціям втрачають свій сенс. Таим чином, акустичні показники каркасних конструкцій в співвідношенні «товщина конструкції/допоміжна звукоізоляція» виявляються недостатніми.

При цьому звукоізоляційні матеріали повинні виконувати дві основні функції – запобігати коливанням звукової хвилі перегородки (наприклад, міжкімнатної перегородки), а також, за можливості, поглинати і розсіювати звукову хвилю [3].

Сьогодні на будівельному ринку особливе місце займають звукопоглинаючі рулонні матеріали в формі підлог, які при мінімальній товщині і мають високі звукоізоляційні характеристики. Ефективність додаткової звукоізоляції залежить від товщини і пружності підлоги, адже при збільшенні маси стяжки матеріал сожметься сильніше.

В якості конструктивно-технологічних рішень для досліджень використовувалися типи багаторівневої системи, які наведені в таблиці 2.

Таблиця 2 – Конструктивно-технологічні рішення багаторівневої системи звукоізоляції перекриттів

Варіант багаторівневої системи	Конструктивно-технологічні рішення	Варіант багаторівневої системи	Конструктивно-технологічні рішення
Тип А-1	Ламінат – 8мм Підлога – 3мм Ц/м стяжка – 30мм Акуфлекс – 4мм Многопустотна плита перекриття (1ПК) – 220мм	Тип Б-1	Ламінат – 8мм <u>Isolon Еліт</u> – 4мм Ц/м стяжка – 30мм Isoion 500 – 4мм 1ПК – 220мм
Тип А-2	Ламінат – 8мм Підлога – 3мм Ц/м стяжка – 30мм Акуфлекс – 4мм 1ПК – 220мм Металічний каркас (МК) на віброгасячих підвесах Vibrofix PU з заповненням Акустик вул Сонет Ф (20мм) – 100мм Гіпсокартонний лист (ГКЛ) – 9мм	Тип Б-2	Ламінат – 8мм Підлога – 3мм Ц/м стяжка – 30мм Isoion 500 – 4мм (1ПК) – 220мм МК з на віброгасячих підвесах з плити Акустик вул Сонет Ф (20мм) – 100мм ГКЛ – 9мм
Тип А-3	Ламінат – 8мм Акуфлекс – 4мм Ц/м стяжка – 50мм 1ПК – 220мм	Тип Б-3	Ламінат – 8мм <u>Isolon Еліт</u> – 4мм Ц/м стяжка – 50мм (1ПК) – 220мм
Тип А-4	Ламінат – 8мм Акуфлекс – 4мм Ц/м стяжка – 50мм 1ПК – 220мм МК на самоклеючихся лентях Vibrosil Norma (5мм) з плити Акустик – 70мм ГКЛ – 9мм	Тип Б-4	Ламінат – 8мм <u>Isolon Еліт</u> – 4мм Ц/м стяжка – 50мм (1ПК) – 220мм МК на лентях Vibrosil Norma (5мм) з плити Акустик вул Сонет Ф (20мм) – 70мм ГКЛ – 9мм

В експерименте, як видно з таблиці 2 в системах варьувались звукоізоляційні підложки Акуфлекс і Isolon 500; товщина стяжки (30-50мм), а також пристрій монтажу каркаса підвешеного потолка з використанням віброгасячих підвесів Vibrofix PU і самоклеючої ленти Vibrosil Norma.

Сравнение полученных результатов для определения оптимального решения звукоизоляции перекрытий в панельных домах произведено с использованием методики многокритериального анализа, представленное в таблице 3. Влияющие факторы были установлены путем индивидуальной работы специалистов экспертов.

Критериями выбора конструктивно-технологического решения звукоизоляционной «Потолок-перекрытие-пол» служат показатели, которые наиболее полно и объективно оценивают объект исследования, сопоставляют варианты-аналоги, учитывая все его основные характеристики. Критерии выбора имеют многоуровневый подход, который предполагает решение многочисленных задач: технических, технологических, эксплуатационных, экономических и экологических.

Следующим этапом по методике многокритериального анализа является получение аналитической зависимости, отражающей степень влияния весомости критериев на рациональный выбор технологического решения [3].

Оценка критерия выполняется по пятибалльной шкале, где оценке «1» – соответствует наименьшее значение критерия, оценке «5» – наивысшее в зависимости от коэффициента весомости (K), который варьируется методом интерполяции от 1 до 0,1. Для более точной оценки критериев баллы также интерполировали с шагом 0,5 (5,0; 4,5; 3,0 и т.д.)

Таблица 3 – Многокритериальный анализ звукоизоляции перекрытий в панельных домах

Конструктивно-технологическое решение Критерии оценки	Подложка Isolon 500				Подложка Акуфлекс			
	ТИП Б-1	ТИП Б-2	ТИП Б-3	ТИП Б-4	ТИП А-1	ТИП А-2	ТИП А-3	ТИП А-4
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1.Трудоёмкость производства работ, чел-см K=0,8	51,67	70,34	49,3	79,3	55,4	74	53	83
	<i>Количество баллов</i>							
	4/3,2	2/1,6	5/4	1.5/1,2	3/2,4	2.5/2	3.5/2,8	1/0,8
2. Требуемая квалификация рабочих (средний разряд) K=0,5	3,5	4,2	3,5	4	3,5	4,2	3,5	4
	5/2,5	1/0,5	5/2,5	3/1,5	5/2,5	1/0,5	5/2,5	3/1,5
3.Стоимость системы 1м ² , грн K=0,7	580,9	1012,3	521,5	837,5	530,2	1007,6	545,8	861,8
	3,5/2,4	1/0,7	5/3,5	2,5/1,75	4,5/3,1	1,5/0,87	3/2,1	2/1,4
4.Толщина системы, м K=0,9	0,266	0,374	0,282	0,361	0,265	0,374	0,282	0,361
	5/4,5	2/1,8	4/3,6	3/2,7	5/4,5	2/1,8	4/3,6	3/2,7
5. Индекс приведённого ударного шума, дБ K=1	44	28	52	30	52	30	52	32
	2	5	1	4	1	4	1	3
6. Индекс изоляции воздушного шума, дБ K=1	53	76	52	68	52	73	52	66
	2	5	1	3	1	4	1	3
7. Сопротивление теплопередачи подложки, Вт/(м·К) K=0,6	0.036				0.036			
	5/3				5/3			
8. Срок службы подложки, лет K=0,7	90				80			
	5/3,5				4/2,8			
Сумма баллов	23,15	21,6	22,1	20,65	20,35	19,475	19,7	18,2

Достоверность теоретических результатов подтверждена на основе сравнительного анализа расчетных данных с экспериментальными результатами, полученными при натурных испытаниях междуэтажных перекрытий объектов и другими результатами на основании информационных источников [4-6].

Оптимальным решением по сумме баллов является тип Б-1 с использованием звукоизоляционного материала Isolon 500 толщиной 4мм. Наиболее высокие показатели по звукоизоляции соответствуют конструктивно-технологическому решению Тип Б2: $R_w = 28$ дБ, согласно норматива $R_w \geq 52$ дБ и $L_{nw} = 76$ дБ, согласно норматива $L_{nw} \leq 55$ дБ но, этому же решению соответствует самая высокая стоимость – 1012,3 грн.

Ключевым недостатком решений А2, А4, Б2, Б4 с системой оснащения потолка акустической изоляцией – это большие габариты конструкции, соответственно стоимость. По этой причине необходимо выбирать между достижением требуемого уровня шумоизоляции и сохранностью высоты помещений.

Стоит отметить, что все исследуемые типы многослойных систем показали показатели звукоизоляции в допустимых пределах и в 1,25-3 раза повысился индекс изоляции воздушного шума, а индекс приведенного уровня ударного шума под перекрытием в 1,1-1,65 раз по сравнению с показателя до реновации перекрытий.

Выводы и перспективы дальнейших исследований.

1. Проведенные исследования дают основания утверждать, что необходимо производить реновацию перекрытий панельных домов, для повышения звукоизоляционного комфорта помещений.

2. Многокритериальный анализ технологий устройства звукоизоляции перекрытий позволил определить наиболее рациональный вариант, согласно единой балльной шкале.

3. Оптимизация результатов исследования на основании методики многокритериального анализа позволила определить конструктивно-технологическое решение многослойной системы «потолок-перекрытие-пол» – тип Б1.

4. Реновация перекрытий исследуемых панельных домов позволила повысить индекс изоляции воздушного шума от 1,25-3 раз, а индекс приведенного уровня ударного шума под перекрытием в 1,65 раз.

Литература

1. Салтыков И.П. Теоретические аспекты суммарного влияния воздушного и ударного шума на звукоизоляцию междуэтажных перекрытий жилых зданий / И.П. Салтыков // Вестник МГСУ, 2012. – № 10. – С. 45-50.

2. Альябад Х.М. Интегральные панели электромагнитно-акустической защиты на основе вспененных материалов / Х.М. Альябад, С.Н. Петров, А.М. Прудник // Журнал Доклады БГУИР. – Минск, 2009. – № 5 (43). – С. 83-86.

3. Менейлюк А.И. Оптимизация организационно-технологических решений реконструкции высотных инженерных сооружений / А.И. Менейлюк, М.Н. Ершов, А.Л. Никифоров, И.А. Менейлюк // Монография. – К.: ТОВ НВП «Інтерсервіс», 2016. – 332 с.

4. Звукоизоляция межэтажных перекрытий: [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.shumanet.ua/albom_solutions/flats/zv_ukoizolyaciya_perekrytiy/

5. Расход и расчет стоимости материалов для монтажа подвесных потолков электронный ресурс: [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.montagnik.od.ua/calc/index.php>

6. Каталог товаров «Строительство в Украине»: [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://prom.ua/Stroitelstvo>

Стаття надійшла 2.05.2018