

УДК: 699.844  
DOI: 10.48612/NewsKSUAE/74.11  
EDN: LJTCZM



## Шумозащитные характеристики перегородки на двойном разнесённом металлическом каркасе с различным видом облицовочных слоев

А.С. Петров<sup>1</sup>, И.Ш. Сафин<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Казанский государственный архитектурно-строительный университет, г. Казань, Российская Федерация

**Аннотация:** *Постановка задачи.* Звукоизоляция легких каркасно-обшивных конструкций может не уступать по своей эффективности конструкциям из однородных изделий. Вместе с тем величина звукоизоляции каркасных конструкций в отличие от однородных существенно зависит от особенностей вида крепежа облицовочных слоев к несущему каркасу, расположения элементов каркаса, наличия уплотнительных и вибродемпфирующих слоев, процента заполнения воздушного промежутка звукопоглощающим материалом, влияния частоты волнового совпадения и т.п. В настоящий момент стандартные методы расчета звукоизоляции каркасных конструкций не учитывают всего многообразия их конструктивного решения, что приводит к необходимости проведения экспериментальных измерений. Цель работы состоит в получении экспериментальных данных звукоизоляции каркасно-обшивных конструкций на двойном разнесённом металлическом каркасе. Для этого решаются следующие задачи: проведение испытаний каркасно-обшивных конструкций с различным видом облицовочных слоев в условиях реверберационной камеры и их сопоставления с расчетными величинами по методике нормативной литературы.

*Результаты.* По расчетным и экспериментальным методам получены частотные характеристики каркасно-обшивных конструкций на разнесенном каркасе. Выявлено, что расчетные величины не согласуются с экспериментальными в области низких частот от 100 до 315 Гц, где в случае расчета происходит занижение звукоизоляционной способности. Показано, что наличие вибродемпфирующей ленты повышает звукоизоляционную способность каркасно-обшивных перегородок на 2–4 дБ. Двуслойный облицовочный слой из цементностружечного и гипсокартонного листа практически аналогичен слоям из цементностружечного и гипсостружечного листов по звукоизоляционным характеристикам в системе каркасно-обшивной перегородки.

*Выводы.* Получены новые данные о звукоизоляционных характеристиках каркасно-обшивных перегородок на двойном металлокаркасе с использованием различных материалов облицовки. Показано, что действующий нормативный графоаналитический метод расчета звукоизоляции каркасных конструкций может занижать итоговые значения и требует уточнения по учету влияния типа каркасной системы.

**Ключевые слова:** Шумозащита, каркасно-обшивные перегородки, звукоизоляция, индекс изоляции воздушного шума, резонансное прохождение звука

**Для цитирования:** Петров А.С., Сафин И.Ш. Исследование шумозащитных характеристик перегородки на двойном разнесённом металлическом каркасе с различным видом облицовочных слоев // Известия КГАСУ, 2025, № 4 (74), с. 121-132, DOI: 10.48612/NewsKSUAE/74.11, EDN: LJTCZM

# Noise protection characteristics of a partition on a double-spaced metal frame with different types of facing layers

A.S. Petrov<sup>1</sup>, I.Sh. Safin<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Kazan State University of Architecture and Engineering, Kazan, Russian Federation

**Abstract:** *Problem statement.* The soundproofing performance of lightweight frame-and-sheathing structures can be as effective as that of structures made of homogeneous materials. However, the soundproofing performance of frame structures, unlike that of homogeneous structures, significantly depends on the type of fastening of the cladding layers to the supporting frame, the arrangement of frame elements, the presence of sealing and vibration-damping layers, the percentage of air space filled with sound-absorbing material, the influence of the wave coincidence frequency, etc. Currently, standard methods for calculating the soundproofing performance of frame structures do not take into account the full diversity of their design solutions, necessitating experimental measurements. The objective of this study is to obtain experimental data on the soundproofing performance of frame-and-sheathing structures on a double-spaced metal frame. This is accomplished by testing frame-and-sheathing structures with different types of cladding layers in a reverberation chamber and comparing these results with calculated values according to the methodology of the regulatory literature.

*Results.* Using calculation and experimental methods, the frequency characteristics of frame-and-sheathing structures with a spaced framework were obtained. It was found that the calculated values do not agree with the experimental ones in the low-frequency range from 100 to 315 Hz, where the calculations underestimate the sound insulation capacity. It was shown that the presence of vibration-damping tape increases the sound insulation capacity of frame-and-sheathing partitions by 2–4 dB. A two-layer cladding layer of cement-bonded particleboard and gypsum board is virtually identical in sound insulation characteristics to layers of cement-bonded particleboard and gypsum fiber board in a frame-and-sheathing partition system.

*Conclusions.* New data have been obtained on the sound insulation properties of frame-and-sheathing partitions on a double metal frame using various cladding materials. It is shown that the current normative graphical-analytical method for calculating the sound insulation of frame structures can underestimate the final values and requires clarification to take into account the influence of the type of frame system.

**Keywords:** noise protection, frame-and-sheathing partitions, sound insulation, airborne noise insulation index, resonant sound transmission.

**For citation:** Petrov A.S., Safin I.Sh. Noise protection characteristics of a partition on a double-spaced metal frame with different types of facing layers // News of KSUAE, 2025, № 4 (74), p. 121-132, DOI: 10.48612/NewsKSUAE/74.11, EDN: LJTCZM

## 1. Введение

Звукоизоляция в зданиях является критически важным параметром, так как длительный или интенсивный шум приводит к высокому уровню дискомфорта и снижению качества жизни [1,2]. Зачастую приходится обращаться к проектированию шумозащитных экранов [3,4], однако основным звукоизоляционным инструментом являются ограждающие конструкции зданий. Основными нормируемыми параметрами звукоизоляции являются индексы изоляции воздушного шума ограждающими конструкциями ( $R_w$ , дБ). Для жилых помещений этот показатель варьируется от 43 до 57 дБ. Достижение нормативной величины звукоизоляции может зависеть от ряда факторов и параметров ограждений, а также примыкающих к ним элементов здания за счет косвенной передачи звука или особенностей наружных ограждающих конструкций, а также внутренних стен и перегородок [5,6]. При этом современное строительство отказывается от громоздких внутренних стен в пользу легких каркасных многослойных конструкций, звукоизоляция которых на текущий момент изучена в меньшей степени. Облицовочные слои таких конструкций могут быть выполнены из различных материалов

как цементно-стружечные, на основе гипса [7], древесных и других [8]. Работы посвященные звукоизоляции каркасных ограждений исследуют методы повышения их эффективности: использование двух независимых каркасных конструкций, применение пористых упругих прокладок, заполнение пространства мягкими минераловатными плитами, точечное крепление листов с шагом не менее 300 мм, установка стоек с шагом не менее 600 мм [9, 10]. Результаты исследований каркасно-обшивных перегородок показывают, что повышение плотности обшивки и использование уплотнительных полос также улучшает звукоизоляцию, а добавление более двух слоев обшивки с каждой стороны неэффективно [11–13]. Проведенные исследования демонстрируют, что звукоизоляционные свойства плитных материалов неоднородны в практически важном частотном диапазоне [14,15]. Характер и уровень звукопроницаемости существенно зависят от степени согласования волновых параметров материала и окружающей среды [16]. Анализ прохождения звука через плоские пластины позволил выявить частотные зависимости звукоизоляции, которые характеризуются различной интенсивностью трансмиссии акустической энергии [17,18]. Жесткое соединение облицовки с каркасом создает акустические «мостики». Через эти «мостики» колебания передаются с одной облицовки на другую, минуя звукопоглощающий слой, что снижает эффективность звукоизоляции помещения. В настоящее время влияние акустических «мостиков» в ограждающих конструкциях на их звукоизолирующую способность в различных частотных диапазонах изучено недостаточно [19, 20]. Стоит также отметить, что звукоизоляция каркасно-обшивных стен может значительно зависеть от эффекта волнового совпадения. Так экспериментальное исследование [21] перегородок с наружной и внутренней облицовкой различной толщины показывает более высокую звукоизоляцию чем в традиционном решении (при одинаковой толщине). Авторы объясняют данный эффект взаимным перекрытием провалов на границах волнового совпадения. Исследование [22] производит оценку звукоизоляционных характеристик легких двухслойных каркасно-обшивных перегородок с различными типами стоек — деревянными, стальными и акустическими. Показало, что традиционные деревянные стойки рассматриваются как жесткие соединения и создают более сильный эффект звукового мостика по сравнению со стальными той же конструкции. Это существенно снижает звукоизоляцию в средне- и высокочастотном диапазоне (выше 250-500 Гц). Стальные стойки (С-, Н-, W-, Z- и О-образного сечения) работают как упругие соединения с переменной жесткостью, зависящей от частоты. Стойки W-типа и С-типа демонстрируют наилучшие показатели среди стальных конструкций. Акустические стойки с резиновыми изоляционными вставками обеспечивают высокую звукоизоляцию при меньшей толщине и массе конструкции. Экспериментально подтверждено, что конструкция с акустическими стойками толщиной 145 мм достигает показателя  $R_w = 48$  дБ, что сопоставимо с конструкциями с двойными стальными стойками толщиной 205 мм.

Таким образом можно видеть, что оценка звукоизоляции каркасно-обшивных ограждений является комплексной задачей и требует научного развития. Одним из наиболее достоверных методов исследования при этом остается экспериментальное измерение в реверберационной камере. Обобщение большого числа экспериментальных данных позволит в дальнейшем наиболее достоверно оценивать звукоизоляцию каркасно-обшивных конструкций на этапе проектирования.

Цель: получение экспериментальных данных о характеристиках звукоизоляции каркасно-обшивной перегородки на двойном разнесённом металлическом каркасе с применением различных видов облицовки.

Задачи:

- Измерение и оценка характеристик звукоизоляции каркасно-обшивных перегородок на двойном разнесённом металлокаркасе с использованием различных материалов облицовки;
- Сопоставление результатов измерений с результатами расчетов по нормативному графоаналитическому методу расчета звукоизоляции каркасных конструкций;
- Выявление дальнейших направлений исследования.

## 2. Материалы и методы

Метод измерения изоляции воздушного шума внутренними ограждающими конструкциями установлен ГОСТ 27296 «Здания и сооружения. Методы измерения звукоизоляции ограждающих конструкций» (натурные и лабораторные испытания) и ГОСТ Р ИСО 10140-2 «Акустика. Лабораторные измерения звукоизоляции элементов зданий. Часть 2. Измерение звукоизоляции воздушного шума». Суть метода измерения изоляции воздушного шума внутренними ограждающими конструкциями заключается в последовательном измерении и сравнении средних уровней звукового давления в помещениях высокого и низкого уровней с учетом поглощения звука в помещении низкого уровня.

### 2.1 Характеристики используемых материалов и приборная база исследования

Для анализа звукоизоляционных характеристик перегородки использовались следующие строительные материалы:

1. профиль направляющий ПН-4 (50×40 мм);
2. профиль стоечный ПС-4 (50×50 мм);
3. маты «ТехноНИКОЛЬ», «Техноакустик» 1200×600×50мм, плотностью  $\rho=41,5$  кг/м<sup>3</sup> ;
4. листы ЦСП плотностью  $\rho=1250\div 1400$  кг/м<sup>3</sup>, толщиной  $\delta=12$  мм;
5. листы ГКЛ плотностью  $\rho=800\div 900$  кг/м<sup>3</sup>, толщиной  $\delta=12,5$  мм;
6. листы ГСП плотностью  $\rho=1100\div 1200$  кг/м<sup>3</sup>, толщиной  $\delta=12$  мм;
7. шпаклевка гипсовая для заделки швов и стыков;
8. шурупы саморезы 3,5х35;
9. лента вибродемпфирующая из стекловолокна;
10. лента уплотнительная Дихтунгсбанд (Dichtungsband) шириной 50 мм и толщиной 3мм.

Для определения величины индекса изоляции воздушного шума  $R_w$  выполняется расчет, по стандартной методике СП 275.1325800.2016 «Конструкции ограждающие жилых и общественных зданий. Правила проектирования звукоизоляции (с Изменением №1)». Для проведения измерения изоляции воздушного шума используется реверберационная акустическая камера, выполненная в соответствии с ГОСТ 31704. В помещении высокого уровня (ПВУ) установлен всенаправленный источник звука серии OED-SP360. Звук сигнала от источника шума передается от усилителя мощности с применением генератора OED-PA360. Для измерения уровней звукового давления в помещениях ПВУ и ПНУ используются микрофонные блоки, подсоединённые к 1-канальному измерительно-индикаторному блоку Экофизика -110А.

Для обработки результатов измерения и для измерения времени реверберации используется программное обеспечение Signal+3g ULTIMA.

В исследовании были рассмотрены следующие типы конструкций:

1. Каркасно-обшивная перегородка на двойном разнесённом металлическом каркасе толщиной 110 мм и обшитой с двух сторон плитами ЦСП плотностью  $\rho=1250\div 1400$  кг/м<sup>3</sup> и толщиной  $\delta=12$  мм, закреплённых через уплотнительную ленту Дихтунгсбанд наклеенную на каркас, с воздушной прослойкой заполненной шумо-изоляционным материалом, плотностью  $\rho=41,5$  кг/м<sup>3</sup>;
2. Каркасно-обшивная перегородка на двойном разнесённом металлическом каркасе толщиной 110 мм, обшитую с двух сторон листами ЦСП плотностью  $\rho=1250\div 1400$  кг/м<sup>3</sup> и толщиной  $\delta=12$  мм, второй слой из листов ГКЛ плотностью  $\rho=800\div 900$  кг/м<sup>3</sup>, толщиной  $\delta=12,5$  мм, с воздушной прослойкой заполненной шумо-изоляционным материалом, плотностью  $\rho=41,5$  кг/м<sup>3</sup>;
3. Каркасно-обшивная перегородка на двойном разнесённом металлическом каркасе толщиной 110 мм, обшитой листами ЦСП плотностью  $\rho=1250\div 1400$  кг/м<sup>3</sup>, толщиной  $\delta=12$  мм, закреплённых через уплотнительную ленту Дихтунгсбанд наклеенную на каркас, второй слой из листов ГСП (гипсо-стружечная плита) плотностью  $\rho=1100\div 1200$  кг/м<sup>3</sup>, толщиной  $\delta=12$  мм.

Схемы трех типов исследуемых конструкций показаны на рисунке 1.

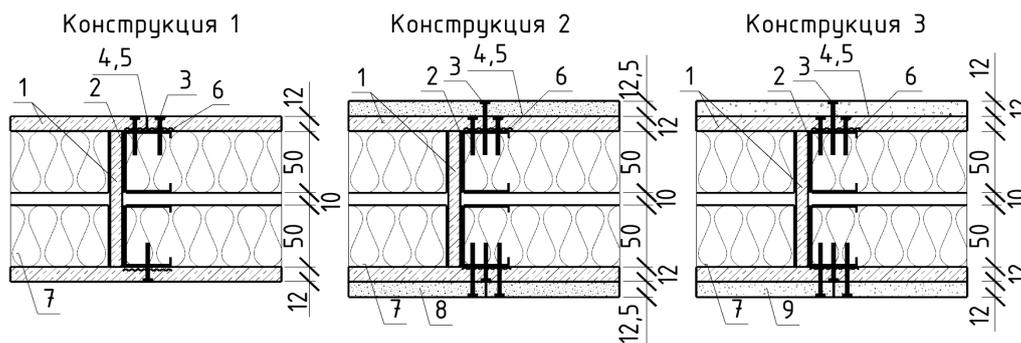


Рис. 1 Схемы исследуемых конструкций (иллюстрация авторов)

Fig.1 Schemes of the structures under study (illustration by the authors)

- 1- ЦСП толщина 12 мм, 2 - Профиль направляющий ПН 50x40x0,6, 3- Шурупы ГКЛ+ металл TN Knauf 3,5x35, 4- Гипсовая шпаклевка, 5- Армирующая лента, 6- Лента вибродемпфирующая Дихтунгсбанд 50x3 мм, 7 – базальтовая вата плотностью 41+-4% кг/м<sup>3</sup>, 8 – ГКЛ, 9 – ГСП
- 1 – CBPB thickness 12 mm, 2 - Guide profile PN 50x40x0.6, 3 - Gypsum board screws + metal TN Knauf 3.5x35, 4 - Gypsum putty, 5 - Reinforcing tape, 6 - Vibration damping tape Dichtungsband 50x3 mm, 7 - basalt wool with a density of 41+-4% kg/m<sup>3</sup>, 8 - Gypsum board, 9 – Gypsum fiber board

Крепление стоечных профилей между собой выполнялось из пластин ЦСП (жесткая перемычка) размером 12x110x300 мм с шагом 850 мм. Пластины ЦСП закреплены к профилям шурупами TN Knauf 3,5x35, по 6 шт. на соединение. Пространство каркаса заполнялось пористо-волокнистым материалом «ТехноНИКОЛЬ» «Техноакустик», плотностью  $\rho=41,5$  кг/м<sup>3</sup> и обшитой с двух сторон плитами ЦСП, плотностью  $\rho=1250\div 1400$  кг/м<sup>3</sup>, толщиной  $\delta=12$  мм. Примыкание каркасно-обшивной перегородки к смежным ограждающим конструкциям, выполнено через вибродемпфирующую ленту ТехноСонус СтопЗвук V-100, размерами 100x4 мм, обладающей виброгасящими свойствами. Образовавшиеся швы и головки саморезов заделываются по технологии Knauf с помощью ленты и гипсовой шпатлевки.

## 2.2 Расчет индекса звукоизоляции воздушного шума $R_w$ каркасно-обшивной перегородки

Расчет индекса звукоизоляции воздушного шума  $R_w$  каркасно-обшивной перегородки из листов ЦСП, проводим согласно методу в п. 9.2-9.5 СП 275.1325800.

Этапы построения графическим методом отображены на рисунке 2.

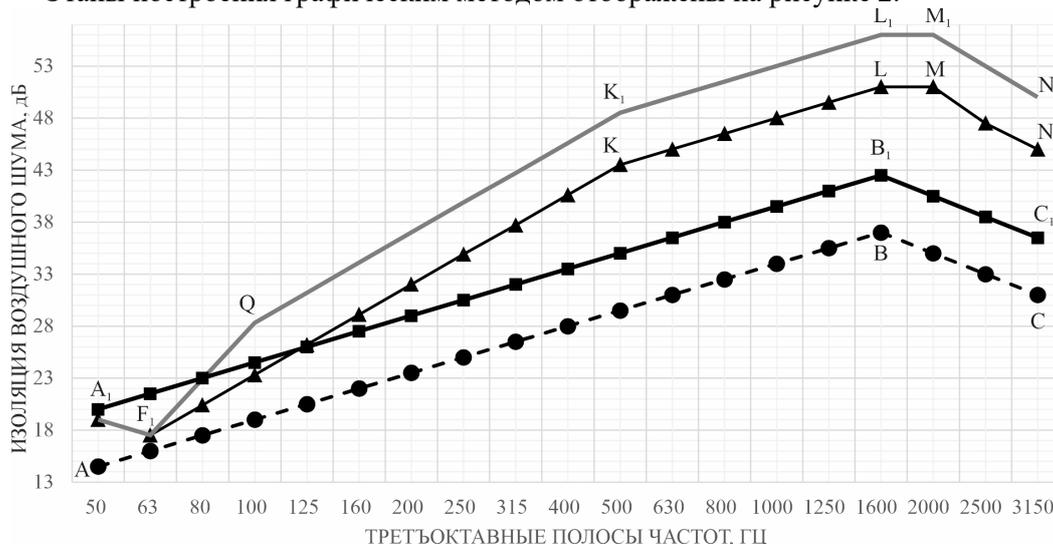


Рис.2 Этапы расчета частотной характеристики каркасно-обшивной перегородки (иллюстрация авторов)

Fig. 2 Stages of calculating the frequency response of a frame-sheathing partition (illustration by the authors)

1. Построение частотной характеристики изоляции воздушного шума однослойной плоской тонкой ограждающей конструкции с применением ЦСП выполняется по графическому методу. Согласно СП 275.1325800 определяются частоты и величина звукоизоляции точек В и С, а именно  $f_B$ ,  $f_C$ ,  $R_B$ , и  $R_C$ . Полученные величины округляются до ближайшей третьоктавной частоты.

$$f_B = \frac{19000}{\delta} = \frac{19000}{12} = 1583 \approx 1600 \text{ Гц}, \quad (1)$$

$$f_C = \frac{33000}{\delta} = \frac{38000}{12} = 3166 \approx 3150 \text{ Гц}. \quad (2)$$

Значения ординат точек В и С:  $R_B = 37$  дБ,  $R_C = 31$  дБ. Наклон участка ВА принимается 4,5 дБ на октаву, участка CD - 7,5 дБ на октаву.

2. Определяется общая поверхностная плотность ограждения.

$$m_{\text{общ}} = m_1 + m_2 + m_3 = \rho_1 \cdot \delta_1 + \rho_2 \cdot \delta_2 + \rho_3 \cdot \delta_3 = 1250 \cdot 0,012 + 1250 \cdot 0,012 + 41,5 \cdot 0,1 = 15 + 15 + 4,15 = 34,15 \text{ кг/м}^2. \quad (3)$$

Построение вспомогательной линии  $A_1B_1C_1D_1$  происходит путем прибавления к ординатам линии  $ABCD$  поправки на увеличение поверхностной плотности в зависимости от значения  $m_{\text{общ}}/m_1$ . При одинаковой толщине плоских листов эта поправка составит  $m_{\text{общ}}/m_1 = 34,15/15 = 2,28 \approx 2,3$ ,  $\Delta R_1 = 5,5$  дБ.

3. Построение кривой  $FKLMN$  выполняется с учетом воздушной прослойки между листами обшивки. В начале построения частотной характеристики определяется частота резонанса  $f_p$  конструкции, Гц, по формуле:

$$f_p = 60 \sqrt{\frac{m_1 + m_2}{d m_1 m_2}} = 60 \sqrt{\frac{15 + 15}{0,11 \cdot 15 \cdot 15}} = 66,1 \approx 63 \text{ Гц}, \quad (4)$$

где  $m_1$  и  $m_2$  – поверхностные плотности обшивок, кг/м<sup>2</sup>;  $d$  – толщина воздушного промежутка, м.

Построение частотной характеристики изоляции воздушного шума перегородкой без заполнения минеральной ватой выполняется:

- до частоты  $0,8 f_p = 0,8 \cdot 63 = 50$  Гц частотная характеристика совпадает

с кривой  $A_1B_1C_1D_1$ ;

- на частоте  $f_p = 63$  Гц звукоизоляция принимается на 4 дБ ниже линии

$A_1B_1C_1D_1$  (отмечается точка F,  $R_F = 17,5$  дБ);

- на частоте  $8 f_p = 8 \cdot 63 = 500$  Гц находится точка K с ординатой  $R_K =$

$= R_F + H = 17,5 + 26 = 43,5$  дБ; величина  $H = 26$  дБ определяется по таблице 12 СП 275.1325800 в зависимости от толщины прослойки (для 110 мм прослойки  $H = 26$  дБ);

- от точки K проводится отрезок KL с наклоном 4,5 дБ на октаву до частоты  $f_B = 1600$  Гц,  $R_L = 51$  дБ; находим превышение ординаты точки L над точкой B<sub>1</sub>,  $\Delta R_2 = R_L - R_{B_1} = 51 - 42,5 = 8,5$  дБ;

- от точки L до частоты  $1,25 f_B = 1,25 \cdot 1600 = 2000$  Гц проводится горизонтальный отрезок LM;

- на частоте  $f_C = 3150$  Гц находится точка N, путем прибавления к ординате точки C поправки  $\Delta R_2$ ,  $R_N = R_{C_1} + \Delta R_2 = 36,5 + 8,5 = 45$  дБ.

4. Построение кривой  $FQK_1L_1M_1N_1$  выполняется с учетом заполнения прослойки пористо-волокнистым материалом по 50 мм в каждый каркас на общую толщину 100 мм. Определяется поправка  $\Delta R_4$ ; с учетом заполнения промежутка мин. ватой от 50÷100%  $\Delta R_4 = 5$  дБ. Тогда при значении частоты  $1,6 f_p = 1,6 \cdot 63 = 100$  Гц точка Q будет иметь ординату  $R_{100 \text{ Гц}} + \Delta R_4 = 28,3$  дБ; далее частотная характеристика строится параллельно частотной характеристике звукоизоляции конструкции с незаполненным воздушным промежутком, линии  $FKLMN$ .

5. Индекс изоляции воздушного шума  $R_w$  перегородки №1 определен по оценочной кривой и равен  $R_w = 50$  дБ.

Расчет индекса звукоизоляции воздушного шума  $R_w$  каркасно-обшивной перегородки №2 и №3 определены по аналогии с конструкцией №1.

**2.3 Экспериментальное определение индекса звукоизоляции воздушного шума  $R_w$  исследуемых конструкций**

Исследуемые конструкции монтировались в реверберационную камеру между помещениями высокого и низкого давления. Основные этапы монтажа показаны на фотофиксации рис. 3.

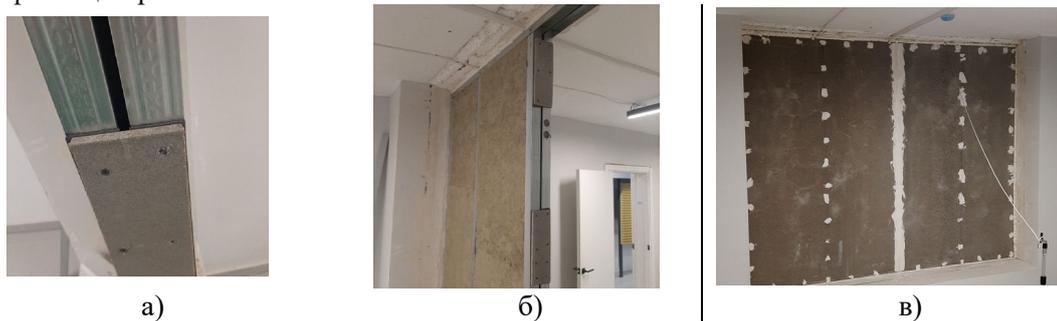


Рис.3 Разнесённый каркас из профилей ПН-50 и ПС-50. а – этап монтажа жестких перемычек из ЦСП; б – этап монтажа заполнения каркаса; в – итоговый вид конструкции (иллюстрация авторов)  
 Fig.3 A spaced frame made of PN-50 and PS-50 profiles. a – stage of installation of rigid cement-bonded particleboard lintels; б – stage of frame infill installation; в – final appearance of the structure (illustration by the authors)

### 3. Результаты и обсуждение

Результаты расчета сведены на график рис. 4 и таблицу 1.

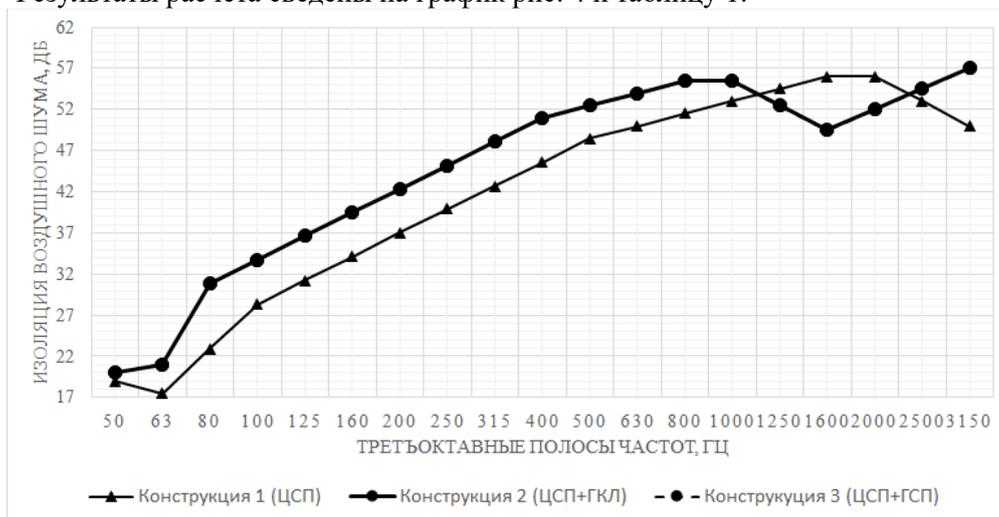


Рис.4 Расчетные частотные характеристики исследуемых конструкций (иллюстрация авторов)  
 Fig. 4 Calculated frequency characteristics of the studied structures (illustration by the authors)

Таблица 1

Расчетные частотные характеристики исследуемых конструкций

$f, Гц$	50	63	80	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150
$R, дБ$ конст. 1	19,0	17,5	22,9	28,3	31,2	34,1	37,0	39,9	42,7	45,6	48,50	50,00	51,50	53,00	54,50	56,00	56,00	53,00	50,00
$R, дБ$ конст. 2	20	21	30,8	33,7	36,6	39,5	42,3	45,2	48,1	51	52,5	54	55,5	55,5	52,5	49,5	52	54,5	57
$R, дБ$ конст. 3	20	21	30,8	33,7	36,6	39,5	42,3	45,2	48,1	51	52,5	54	55,5	55,5	52,5	49,5	52	54,5	57

Можно видеть, что увеличение количества облицовочных слоев повысило значение звукоизоляции конструкции. Так индекс изоляции конструкции №1 равен  $R_w = 50$  дБ, а конструкций №2 и №3 –  $R_w = 53$  дБ. Расчетные частотные характеристики конструкций №2 и №3 практически идентичны и совпадают на графике, рис. 4. При этом следует отметить, что при увеличении количества облицовочных слоев частота волнового совпадения сместилась к более низким частотам с 3150 Гц до 1600 Гц.

Результаты испытания шумоизоляции каркасно-обшивных перегородок представлены в виде графиков частотной характеристики, рис. 5 и таблице 2.

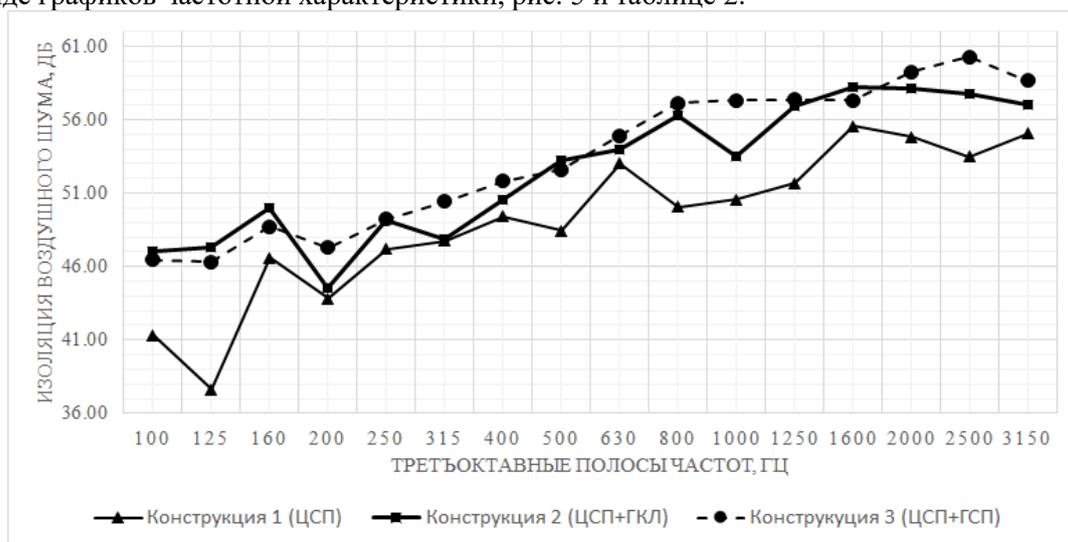


Рис. 5 Экспериментальная частотная характеристика изоляции воздушного шума для испытанных перегородок (иллюстрация авторов)

Fig. 5 Experimental frequency response of airborne noise insulation for tested partitions (illustration by the authors)

Таблица 2

Экспериментальные частотные характеристики исследуемых конструкций

<i>f</i> , Гц	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150
<b>R, дБ</b> конст. 1	41,34	37,63	46,60	43,81	47,19	47,75	49,40	48,45	53,00	50,07	50,55	51,67	55,57	54,80	53,48	55,04
<b>R, дБ</b> конст. 2	47,00	47,32	49,98	44,51	49,16	47,83	50,53	53,20	53,96	56,28	53,47	56,90	58,25	58,10	57,79	57,00
<b>R, дБ</b> конст. 3	46,44	46,32	48,71	47,30	49,24	50,42	51,82	52,60	54,90	57,13	57,31	57,35	57,33	59,27	60,25	58,67

Можно видеть, что с увеличением облицовочных слоев происходит повышение звукоизоляции. Так каркасно-обшивная перегородка из листов ЦСП (конструкция №1) имеет индекс шумоизоляции  $R_w = 52$  дБ, ЦСП+ГКЛ (конструкция №2) –  $55$  дБ, ЦСП+ГСП (конструкция №3) –  $56$  дБ. Следует отметить, что для всех исследуемых конструкций расчетные данные не согласуются с экспериментальными на низких частотах от 100 до 315 Гц, где в случае расчета происходит занижение звукоизоляционных характеристик. Экспериментальные данные для конструкций №2 и №3 в отличие от расчетных данных не имеют существенного провала звукоизоляционной способности в области 1600 Гц и в целом имеют большие значения звукоизоляции, рис. 6.

Анализ расхождений между расчетными и экспериментальными кривыми звукоизоляции указывает на то, что действующий нормативный графоаналитический метод требует уточнения, в частности, в части учета влияния типа каркасной системы. Данный результат хорошо согласуется с аналогичными исследованиями, проведенными ранее [14, 23], а именно подчеркивается увеличение звукоизоляции за счет применения двойного каркаса и необходимость научного развития в области расчетных методов оценки звукоизоляции каркасно-обшивных перегородок. Стоит отметить, что в ходе лабораторных испытаний было выявлено увеличение звукоизоляции при наличии уплотнительной ленты между облицовочным слоем и металлическим профилем на 2–4 дБ, а также снижение звукоизоляции за счет наличия жестких переемычек из ЦСП между

профилями. Причины и закономерности изменения звукоизоляционной способности от перечисленных факторов требуют дальнейшего научного развития и проведения серии испытаний.

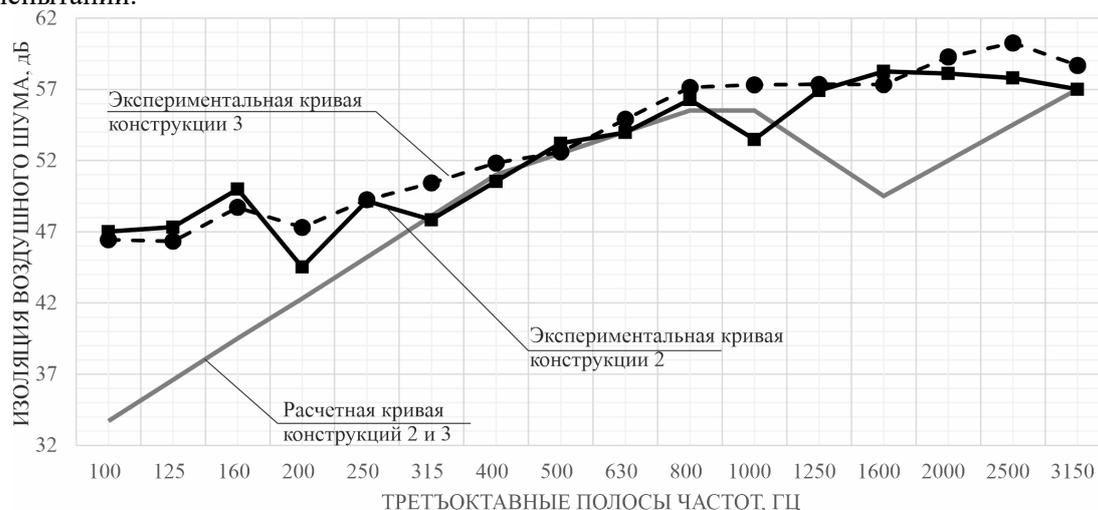


Рис. 6 Экспериментальная частотная характеристика изоляции воздушного шума для испытанных перегородок (иллюстрация авторов)

Fig. 6 Experimental frequency response of airborne noise insulation for tested partitions (illustration by the authors)

#### 4. Заключение

В рамках исследования выполнены поставленные задачи:

- Оценка экспериментальных данных характеристик звукоизоляции каркасно-обшивных перегородок позволила установить, что двуслойная облицовка из цементностружечного и гипсокартонного листа практически аналогична слоям из цементностружечного и гипсокартонного листов по звукоизоляционным характеристикам в системе каркасно-обшивной перегородки;
- Подтверждено, что действующий нормативный графоаналитический метод расчета звукоизоляции каркасных конструкций может занижать итоговые значения звукоизоляции по сравнению с измерениями и требует уточнения по учету влияния типа каркасной системы. Занижение звукоизоляции происходит в интервале частот 100–315 Гц и составляет в среднем 8–10 дБ;
- Сформулированы дальнейшие направления исследования, которые сводятся к установлению закономерности повышения или снижения звукоизоляции каркасно-обшивных конструкций при наличии вибродемпфирующих слоев и ребер жесткости.

#### Список литературы / References

1. Беляев Д. Ю., Бармин А.Н., Бармина Е.А. Причины и последствия воздействия шумового загрязнения на организм человека // Естественные науки: актуальные вопросы и социальные вызовы : Материалы III Международной научно-практической конференции, Астрахань, 27–28 ноября 2020 года / Составители: Н.С. Шуваев, Е.А. Колчин. – Астрахань: Издательский дом "Астраханский университет", 2020. – С. 98-102. – EDN GLVQJG.  
Belyaev D.Yu., Barmin A.N., Barmina E.A. Causes and effects of noise pollution on the human body// Natural Sciences: Current Issues and Social Challenges: Proceedings of the III International Scientific-Practical Conference, Astrakhan, November 27–28, 2020 / Compilers: N.S. Shuvalov, E.A. Kolchin. – Astrakhan: Astrakhan University Publishing House, 2020. – P. 98-102.
2. Порошенко О.Ю., Михайлова А.С., Романова А.И., Ибрагимова А.Ф., Губайдуллина Л.Г. Звук как инструмент организации дизайна городской среды // Дизайн. Материалы. Технология. – 2023. – № 2(70). – С. 52-58. – DOI 10.46418/1997-8997\_2023\_2(70)\_52-58. – EDN MOLALO.  
Poroshenko O.YU., Mihajlova A.S., Romanova A.I., Ibragimova A.F., Gubajdullina L.G. Sound as a tool for organizing urban environment design // Design. Materials.

- Technology. – 2023. – No. 2(70). – P. 52-58. – DOI 10.46418/1997-8997\_2023\_2(70)\_52-58. – EDN MOLALO.
3. Белаева К.Р., Логинова О.А. Проектирование шумозащитных экранов по улице Чистопольская в г. Казани // Автомобильные дороги и транспортная инфраструктура. – 2025. – № 2(10). – С. 114-120. – EDN ZQZZOY.  
Belaeva K.R., Loginova O.A. Design of noise barriers along Chistopolskaya street in Kazan // Roads and transport infrastructure. – 2025. – No. 2(10). – P. 114-120. – EDN ZQZZOY.
  4. Ибряйчев Б.Д., Хафизов Э.Р. Методики расчета эффективности шумозащитного экрана // Инновационный потенциал развития науки в современном мире: сборник трудов по материалам IX Всероссийского конкурса научно-исследовательских работ, Уфа, 10 июня 2022 года. – Уфа: ООО «Научно-издательский центр «Вестник науки», 2022. – С. 235-241. – EDN AHIZDR.  
Ibrjajchev B.D., Khafizov E.R. Methods for calculating the effectiveness of a noise barrier // Innovative potential of science development in the modern world: collection of proceedings based on the materials of the IX All-Russian Competition of Scientific Research Works, Ufa, June 10, 2022. – Ufa: Scientific Publishing Center “Science Herald” Ltd., 2022. – P. 235-241. – EDN AHIZDR.
  5. Овсянников С.Н., Лелюга О.В., Жулина М.Д. Расчет звукоизоляции однослойных конструкций с учетом структурной звукопередачи // Инвестиции, строительство, недвижимость как драйверы социально-экономического развития территории и повышения качества жизни населения: материалы X Международной научно-практической конференции. – Томск, 2020. – С. 372–380.  
Ovsyannikov S.N., Lelyuga O.V., Zhulina M.D. Calculation of sound insulation of single-layer structures taking into account structural sound transmission // Investments, Construction, Real Estate as Drivers of Socio-Economic Development of the Territory and Improving the Quality of Life of the Population: Proceedings of the X International Scientific-Practical Conference. – Tomsk, 2020. – P. 372–380.
  6. Шмелев Г.Н., Файзуллина З.З. Соединение облицовки с направляющими вентилируемой фасадной системы // Строительные конструкции, здания и сооружения. – 2024. – № 3(8). – С. 4-9. – EDN GИHATC.  
Shmelev G.N., Faizullina Z.Z. Connection of cladding with guides of a ventilated facade system // Construction, buildings and structures. – 2024. – No. 3(8). – P. 4-9. – EDN GИHATC.
  7. Рахимов Р.З. Гипс в строительстве с древних веков до современности // Academia. Архитектура и строительство. – 2021. – № 4. – С. 120-124. – DOI 10.22337/2077-9038-2021-4-120-124. – EDN IPJFV.  
Rakhimov R.Z. Gypsum in construction from ancient times to the present // Academia. Architecture and construction. – 2021. – No. 4. – P. 120-124. – DOI 10.22337/2077-9038-2021-4-120-124. – EDN IPJFV.
  8. Медяник Ю.В., Шагиахметова Э.И., Шагиахметова М.И. Влияние вертикального озеленения фасадов зданий на формирование комфортной среды // Архитектура. Реставрация. Дизайн. Урбанистика. – 2025. – № 1(5). – С. 94-107. – EDN QKGLQA.  
Medyanik Yu.V., Shagiakhmetova E.I., Shagiakhmetova M.I. Influence of vertical landscaping of building facades on the formation of a comfortable environment // Architecture. Restoration. Design. Urban science. – 2025. – No. 1(5). – P. 94-107. – EDN QKGLQA.
  9. Morin M., Guérin J.-M., Everton P. Noise Isolation Provided by Gypsum Board Partitions // Canada Mortgage and Housing Corporation. – 2002. – Technical Series, No. 02-108
  10. Meltem Erdil, Ayşe Tavukçuoğlu, Mehmet Çalışkan Sound Isolation Performance Assessment of Traditional and Retrofitted Timber-Framed Dwellings // Journal of Architectural Engineering. 2023. Vol. 29. No. 2. DOI: 10.1061/JAEIED.AEENG-1371
  11. Gao X., Bai Z., Zhu Y., Long M., Yin J. Study on the sound insulation performance of sandwich lightweight partition wall panels // World Journal of Materials Science. 2024. Vol. 2. No. 2. P. 30–34. DOI: 10.61784/wjms3003

12. Жадановский Б.В., Ерижокова Е.С., Кудрявцев М.В. Монтаж перегородок поэлементной сборки на металлическом каркасе с обшивками из цементно-стружечных плит // Системные технологии. – 2018. – № 4(29). – С. 5-11. – EDN YRSCFF.  
Zhadanovsky B.V., Yerizhokova E.S., Kudryavtsev M.V. Installation of unit-assembly partitions on a metal frame with cement particle board cladding // System technologies. – 2018. – No. 4(29). – P. 5-11. – EDN YRSCFF.
13. Khairullina R., Sikora K. S. The soundproofing efficiency of gypsum board in masonry cavity wall // Emirati Journal of Civil Engineering and Applications. — 2024. — Vol. 2, No. 2. — P. 69–82. — DOI: 10.54878/kjxhte42
14. Минаева Н. А. Анализ звукоизоляционных качеств каркасно-обшивных перегородок // Academia. Архитектура и строительство. – 2018. – № 4. – С. 137-141. – EDN VTXYXE.  
Minaeva N.A. Analysis of sound insulation qualities of frame-and-sheathing partitions // Academia. Architecture and construction. – 2018. – No. 4. – P. 137-141. – EDN VTXYXE.
15. Neusser M., Urban D., Müllner H. Acoustic performance and measurement challenges of loose blown-in insulation materials in wall constructions: a focus on straw // Journal of Building Physics. – 2025. – Vol. 48, No. 4. – DOI: 10.1177/1351010X251331026
16. Guo L., Ge J., Liu S. Analysis of vibration and acoustic characteristics of a simply supported double-panel partition under thermal environment // *Shock and Vibration*. — 2020. — Vol. 2020. — Art. 5613232. — ISSN 1070-9622. — DOI: 10.1155/2020/5613232.
17. Nurzyński J. Sound insulation of lightweight external frame walls and the acoustic effect of additional thermal insulation // *Applied Acoustics*. 2022. Vol. 190. P. 108645. DOI: 10.1016/j.apacoust.2022.108645
18. Бобылев В.Н., Ерофеев В.И., Монич Д.В., Гребнев П.А., Кузьмин Д.С. Звукоизоляция однослойных легких перегородок с антирезонансными панелями // Приволжский научный журнал. – 2021. – № 3(59). – С. 46–55.  
Bobylev V.N., Erofeev V.I., Monich D.V., Grebnev P.A., Kuzmin D.S. Sound insulation of single-layer lightweight partitions with anti-resonance panels // Volga Region Scientific Journal. – 2021. – No. 3(59). – P. 46–55.
19. Кочкин А.А., Шашкова Л.Э., Кочкин Н.А., Иванова А.В. Способы повышения звукоизоляции ограждающих конструкций зданий // Приволжский научный журнал. – 2022. – № 1(61). – С. 41-51. – EDN UHSPIN.  
Kochkin A.A., Shashkova L.E., Kochkin N.A., Ivanova A.V. Methods for improving sound insulation of building envelopes // Volga Region Scientific Journal. – 2022. – No. 1(61). – P. 41-51. – EDN UHSPIN.
20. Иванова А.В., Кочкин А.А. Исследование звукоизоляции двойных ограждающих конструкций из слоистых элементов // Устойчивое развитие региона: архитектура, строительство, транспорт: материалы VII Международной научно-практической конференции. – Тамбов, 2020. – С. 202–205.  
Ivanova A.V., Kochkin A.A. Study of sound insulation of double building envelopes made of layered elements // Sustainable Development of the Region: Architecture, Construction, Transport: Proceedings of the VII International Scientific and Practical Conference. – Tambov, 2020. – P. 202–205.
21. Чернышева Т.А., Космин Г.Т., Прищенко Н.Г. Исследование звукоизоляции легких многослойных ограждений // Современное промышленное и гражданское строительство. – 2017. – Т. 13, № 4. – С. 197-207. – EDN YMKCGH.  
Chernysheva T.A., Kosmin G.T., Prishchenko N.G. Investigation of sound insulation of lightweight multilayer fences // Modern industrial and civil construction. – 2017. – Vol. 13, No. 4. – P. 197-207. – EDN YMKCGH.
22. Min H., Wang B., Qu T. Airborne sound insulation performance of lightweight double leaf walls with different stud types // *Scientific Reports*. 2024. Vol. 14. P. 36238. DOI: 10.1038/s41598-024-82403-w

23. Бобылев В.Н., Мониц Д.В., Попов С.Р., Гребнев П.А. Исследование звукоизоляции каркасно-обшивных перегородок с одинарным и двойным каркасом // VIII Всероссийский фестиваль науки: сборник докладов. В 2-х томах, Нижний Новгород, 03–04 октября 2018 года / под ред. И.С. Соболя, Н.Д. Жилиной [и др.]. Том 1. – Нижний Новгород: Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет, 2018. – С. 252-256. – EDN YUBBWX.  
Bobylev V.N., Monich D.V., Popov S.R., Grebnev P.A. Study of sound insulation of frame-and-sheathing partitions with single and double frame // VIII All-Russian Science Festival: collection of reports. In 2 volumes, Nizhny Novgorod, October 03–04, 2018 / ed. by I.S. Sobol, N.D. Zhilina [et al.]. Vol. 1. – Nizhny Novgorod: Nizhny Novgorod State University of Architecture and Civil Engineering, 2018. – P. 252-256. – EDN YUBBWX.

#### Информация об авторах

**Петров Артем Сергеевич**, кандидат технических наук, доцент, Казанский государственный архитектурно-строительный университет, г. Казань, Российская Федерация

Email: ruarty@mail.ru, ORCID: 0000-0001-6643-9110

**Сафин Ильдар Шавкатович**, кандидат технических наук, доцент, Казанский государственный архитектурно-строительный университет, г. Казань, Российская Федерация

Email: ildar17s@yandex.ru

#### Information about the Authors

**Artem S. Petrov**, candidate of technical sciences, associate professor, Kazan State University of Architecture and Engineering, Kazan, Russian Federation

E-mail: ruarty@mail.ru, ORCID: 0000-0001-6643-9110

**Ildar Sh. Safin**, candidate of technical sciences, associate professor, Kazan State University of Architecture and Engineering, Kazan, Russian Federation

E-mail: ildar17s@yandex.ru

*Дата поступления: 14.10.2025*

*Дата принятия: 25.12.2025*