

В.А. ГОРИН¹, В.В. КЛИМЕНКО¹, М.А. ПОРОЖЕНКО²

¹ФГБОУ ВО «Кубанский государственный технологический университет», г. Краснодар, Россия

²ФГБУ «Научно-исследовательский институт строительной физика Российской академии архитектуры и строительных наук» (НИИФ РААСН), г. Москва, Россия

ИНЖЕНЕРНЫЙ МЕТОД РАСЧЕТА ИЗОЛЯЦИИ УДАРНОГО ШУМА МЕЖДУЭТАЖНЫМИ ПЕРЕКРЫТИЯМИ С ПОЛАМИ ИЗ ДРЕВЕСНЫХ МАТЕРИАЛОВ

***Аннотация.** Предложен инженерный метод расчета изоляции ударного шума междуэтажными перекрытиями с полами из древесных материалов. В расчете рассматриваются перекрытия с полами из древесных материалов, уложенных на клею и с полами, уложенными на упругой подложке. В расчете учитывается влияние на звукоизоляцию поверхностной плотности и жесткости материала покрытия пола и слоя звукоизоляционной подложки. Расчет сводится к вычислению частотной характеристики снижения уровня ударного шума за счет конструкции пола из древесных материалов и к сравнению расчетного значения индекса приведенного уровня ударного шума с нормативными. Приведен перечень необходимых исходных данных и последовательность выполнения расчета. Составлены приближенные формулы для вычисления частот, ограничивающих применение расчетных моделей рассматриваемых перекрытий. Даны уравнения и приближенные формулы для определения критических (антирезонансных) и резонансных частот колебаний, одно-, двух- и трехслойных перекрытий и определены их значения при различных механических и геометрических параметрах слоев. Определены частотные диапазоны роста и снижения уровня ударного шума этими перекрытиями. Сравнение вычисленных и измеренных частотных характеристик снижения ударного шума показало хорошее соответствие результатов, полученных инженерным методом расчета с экспериментальными исследованиями. Разработанные практические рекомендации по улучшению изоляции ударного шума междуэтажными перекрытиями с полами из древесных материалов, применяемые при строительстве гражданских зданий, позволяют повысить акустический комфорт в строящихся и реконструируемых зданиях.*

***Ключевые слова:** изоляция ударного шума, междуэтажные перекрытия с полами из древесных материалов, инженерный метод расчета.*

V.A. GORIN¹, V.V. KLIMENKO¹, M.A. POROZHENKO²

¹FSBEI HE "Kuban State Technological University", Krasnodar, Russia

²FSBI "Research Institute of Building Physics of the Russian Academy of Architecture and Building Sciences" (NIISF RAASN), Moscow, Russia

ENGINEERING METHOD FOR CALCULATING SHOCK NOISE ISOLATION BETWEEN FLOORS WITH FLOORS MADE OF WOOD MATERIALS

***Abstract.** An engineering method for calculating shock noise isolation by floor-to-floor overlappings with wood-based materials is proposed. The calculation considers overlaps with floors made of wood materials laid on glue and with floors laid on an elastic substrate. The calculation takes into account the effect on sound insulation of the surface density and stiffness of the floor covering material and the sound insulation layer. The calculation is reduced to calculating the frequency characteristic of reducing the impact noise level due to the construction of a floor made of wood*

materials and comparing the calculated value of the index of the reduced impact noise level with the standard ones. The list of necessary input data and the sequence of calculation execution is given. Approximate formulas for calculating the frequencies that limit the application of computational models of the overlaps under consideration are compiled. Equations and approximate formulas are given for determining the critical (antiresonance) and resonant frequencies of vibrations, one-, two- and three-layer overlaps, and their values are determined for various mechanical and geometric parameters of layers. Frequency ranges of growth and decrease of shock noise level by these overlaps are determined. Comparison of the calculated and measured frequency characteristics of shock noise reduction showed a good correspondence of the results obtained by the engineering method of calculation with experimental studies. The developed practical recommendations for improving the isolation of shock noise between floors with floors made of wood materials, used in the construction of civil buildings, can increase acoustic comfort in buildings under construction and under reconstruction.

Keywords: insulation of impact noise, floor coverings with wood floors, engineering method of calculation

Введение.

Широкое распространение в строительной практике Российской Федерации и в других развитых странах получили конструкции междуэтажных перекрытий с покрытием пола из древесных материалов (паркетные полы, полы из сверхтвердых древесноволокнистых плит, полы из массивной доски, пробковые напольные покрытия и др.). Покрытия полов укладывают на клею или на упругой подложке по монолитной выравнивающей стяжке из цементно-песчаного раствора, легкого бетона, полимерцементного раствора или по плитам перекрытий.

В качестве несущих настилов в конструкциях перекрытий применяют сборные или монолитные плиты поверхностной плотностью 300-350 кг/м². Однако существующие методы оценки звукоизоляции ограждающих конструкций не учитывают влияние покрытия пола из древесных материалов на изоляцию ударного шума междуэтажными перекрытиями [1-3, 10-13].

Так, в СП 23-103-2003 «Проектирование звукоизоляции ограждающих конструкций жилых и общественных зданий» дан метод расчета, в котором не учитывается влияние на изоляцию ударного шума перекрытиями конструкций полов с поверхностной плотностью менее 30 кг/м², к которым относятся полы из древесных материалов, а также не учитываются физико-технические характеристики этих покрытий – толщина, модуль упругости, коэффициент Пуассона, цилиндрическая жесткость и т.п. Все это делает оценку изоляции ударного шума перекрытиями по СП 23-103-2003 недостаточно полной, требующей уточнения [4, 6-9].

В нем также отсутствует метод расчета изоляции ударного шума междуэтажными перекрытиями с полами из древесных материалов, уложенных на клею по выравнивающей стяжке или по плитам перекрытия. В этом случае оценку изоляции ударного шума перекрытием выполняют без учета покрытия пола, что делает ее очень приближенной, требующей уточнения [5, 12, 14-16].

Расчет изоляции ударного шума перекрытием сводится к сравнению требуемой величины снижения уровня ударного шума ΔL_T с ожидаемым значением ΔL для проектируемой конструкции. Частотные характеристики требуемого снижения уровня ударного шума приведены на рисунке 1 для несущих конструкций перекрытий, указанных в таблице 1.

Перекрытие удовлетворяет нормативным требованиям, если вычисленная частотная характеристика снижения уровня ударного шума полом ΔL в среднем не более чем на 2 дБ ниже требуемого значения ΔL_T для данной несущей конструкции перекрытия.

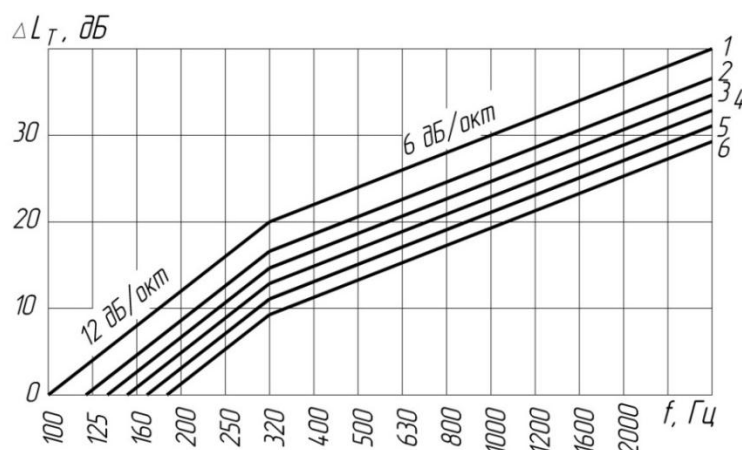


Рисунок 1 – Частотные характеристики требуемого снижения приведенного уровня ударного шума

Таблица 1 – Значения индекса $L_{пw0}$ приведенного уровня ударного шума под несущей плитой перекрытия и номер кривой ΔL_T на рисунке 1.

Поверхностная плотность несущей плиты перекрытия, кг/м^2	Значения $L_{пw0}$, дБ	Номер требуемой кривой ΔL_T , на рисунке 1
150	86	1
200	84	2
250	82	3
300	80	4
350	78	5
400	77	6

Инженерный метод расчета изоляции ударного шума перекрытиями с полами из древесных материалов, уложенными на клею

Расчет изоляции ударного шума междуэтажного перекрытия с полом из древесных материалов, уложенным на клею, рекомендуется проводить в следующем порядке:

- определяют поверхностные плотности (кг/м^2) элементов перекрытия: чистого пола m_1 и несущей части перекрытия m ;
- в соответствии с типом несущей части перекрытия устанавливают кривую требуемого снижения приведенного уровня ударного шума за счет устройства покрытия пола;
- определяют величины жесткости покрытия пола $k_1 = E_1/h_1$ и несущей части перекрытия $k = E/h$, где E , E_1 – модуль упругости, h , h_1 – толщина несущей плиты и покрытия пола, соответственно;
- находят частоты колебаний по формулам:
 - критическую частоту двухслойного перекрытия по формуле

$$f_{2кр} = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{k_1}{m}},$$

– частоту $f_*^{(2)}$, начиная с которой в двухслойном перекрытии проявляется эффект местного смятия, по формуле

$$f_*^{(2)} = f_{2кр} \left[2\pi \left(1 + \frac{m_1}{m} \right)^{\frac{3}{4}} \left(2 + \frac{k_1}{k} \right)^2 \left(\frac{\rho}{\rho_1} \right)^2 \frac{k_1}{k} \right]^{-1/4}.$$

Здесь, ρ и ρ_1 – плотность материала несущей части перекрытия и плотность материала покрытия пола, кг/м^3 .

- графически из точки $f_*^{(2)}$ на оси абсцисс (рисунок 2) откладывают ординату, равную $10\lg(1+m_1/m)^{5/4}$ (точка B). Влево поводится горизонтальный отрезок BA, а вправо из точки B отрезок с восходящим наклоном 12 дБ на октаву до точки C с абсциссой $f_{2кр}$. Из этой точки проводят отрезок CD с нисходящим наклоном 6 дБ на октаву.
- на график (рисунок 1) наносят кривую $\Delta L_{\text{ти}}$ определяют индекс приведенного уровня ударного шума, учитывая, что вместо нормативной кривой используют кривую ΔL_T .

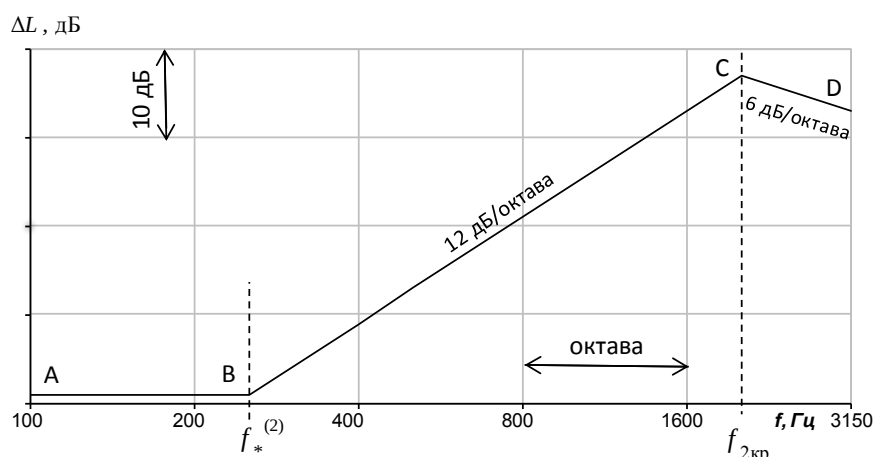


Рисунок 2 – Построение частотной характеристики снижения уровня ударного шума междуэтажным перекрытием с полами из древесных материалов, уложенными на клею

Инженерный метод расчета изоляции ударного шума перекрытиями с полами из древесных материалов, уложенными на упругой подложке

Расчет изоляции ударного шума междуэтажного перекрытия с полом из древесных материалов, уложенным на упругой подложке, рекомендуется проводить в следующем порядке:

- определяют поверхностные плотности (кг/м^2) элементов перекрытия: чистого пола m_2 и несущей части перекрытия m ;
- в соответствии с типом несущей части перекрытия устанавливают кривую требуемого снижения приведенного уровня ударного шума за счет устройства покрытия пола;
- определяют величины жесткости покрытия пола $k_2 = E_2/h_2$, упругой подложки $k_1 = E_1/h_1$ и несущей части перекрытия $k = E/h$, где E , E_1 , E_2 – модуль упругости, h , h_1 , h_2 – толщина несущей плиты, упругой подложки в обжатом состоянии и покрытия пола, соответственно, $h_2 = h_{02}(1-\varepsilon)$, h_{02} – толщина упругой подложки в необжатом состоянии, ε – относительное сжатие материала упругой подложки под нагрузкой;
- находят частоты колебаний по формулам:

$$f_{кр} = 0,25\sqrt{k/m},$$

$$f_{3р} \approx \frac{1}{2\pi} \sqrt{k_1 \frac{m+m_2}{m \cdot m_2}},$$

$$f_{3кр} = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{k_1}{m}},$$

$$f_{03} = \frac{2}{\pi} f_{3p} \left[\left(\frac{2}{\pi} \right)^2 \sqrt{\frac{h_1}{h_2}} \sqrt{\frac{k_2}{k}} \frac{k}{k_1} \frac{m_2}{m_1} \frac{f_{3kp}}{f_{kp}} \right]^{1/4}.$$

- графически из точки f_{3p} на оси абсцисс (рисунок 3) откладывают ординату, равную $10 \lg[1 + (m_1 + m_2)/m]^{5/4}$ (точка B). Влево поводят горизонтальный отрезок BA , а вправо из точки B отрезок с восходящим наклоном 18 дБ на октаву до точки C с абсциссой f_{03} . Из этой точки проводят отрезок CD с восходящим наклоном 6 дБ на октаву.
- на график (рисунок 3) наносят кривую ΔL_T и определяют индекс приведенного уровня ударного шума, учитывая, что вместо нормативной кривой используют кривую ΔL_T .

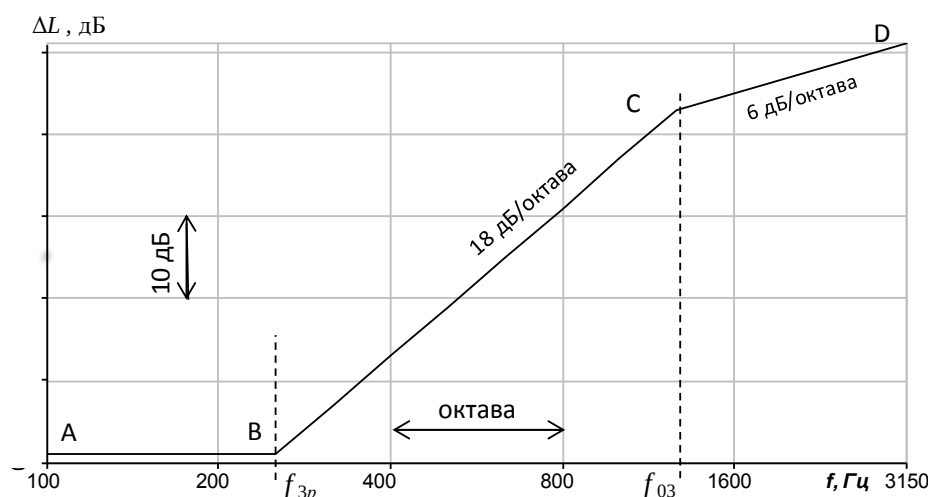


Рисунок 3 – Построение частотной характеристики снижения уровня ударного шума междуэтажным перекрытием с полами из древесных материалов, уложенных на упругой подложке

Разработанный инженерный метод расчета позволяет с точностью до 2 дБ определять величину снижения приведенного уровня ударного шума полом из древесных материалов. Сравнение расчетных и измеренных частотных характеристик снижения приведенного уровня ударного шума показал хорошее соответствие результатов теоретических и экспериментальных исследований [6, 17-21].

Выполненная оценка изоляции ударного шума конструкциями междуэтажных перекрытий, применяемых при строительстве гражданских зданий, позволила разработать практические рекомендации по улучшению их звукоизоляции. К основным из них относятся:

1. Индекс снижения приведенного уровня ударного шума для несущей плиты перекрытия при устройстве покрытия пола из древесных материалов, уложенного на клею по несущей плите, составляет 6-9 дБ. Такие конструкции не обеспечивают требуемую изоляцию ударного шума в гражданских зданиях. Применение сплошного упругого, слоя уложенного под покрытие пола, позволяет получить большие значения индекса снижения приведенного уровня ударного шума.

2. Повышение изоляции ударного шума междуэтажных перекрытий с покрытием пола из древесных материалов на упругой подложке возможно за счет уменьшения жесткости и увеличения поверхностной плотности покрытия пола, а также уменьшения жесткости упругого слоя подложки. С этой целью лучше использовать паркетное покрытие пола толщиной не менее 0,025 м из древесных материалов различных пород.

3. Подложка, используемая в качестве сплошного упругого основания, должна иметь наименьшую величину приведенной жесткости, за счет применения материалов с

наименьшим динамическим модулем упругости (менее $3 \cdot 10^5$ Па) и толщиной не менее 0,004-0,006 м[22-27].

Выводы

1. Разработанный инженерный метод расчета учитывает влияние на изоляцию ударного шума междуэтажными перекрытиями поверхностной плотности и жесткости материала покрытия пола из древесных материалов и слоя звукоизоляционной подложки, что позволяет рационально конструировать перекрытия.

2. Составлены приближенные формулы для вычисления частот, ограничивающих применение расчетных моделей рассматриваемых перекрытий. Получены расчетные формулы для определения критических (антирезонансных) и резонансных частот колебаний перекрытий. Определены частотные диапазоны роста и снижения приведенного уровня ударного шума междуэтажных перекрытий с полами из древесных материалов.

3. Разработанные практические рекомендации по улучшению изоляции ударного шума конструкциями междуэтажных перекрытия, применяемых при строительстве гражданских зданий, позволяют повысить акустический комфорт в строящихся и реконструируемых зданиях.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Горин В.А., Клименко В.В, Пороженко М.А. Инженерный метод расчета изоляции ударного шума многослойными междуэтажными перекрытиями // Строительство и реконструкция. 2018, №3 (83). С. 34-40.
2. Пороженко М.А. Изоляция ударного шума ограждающими конструкциями здания. Бюллетень строительной техники. 2018. №6. С. 34-35.
3. Кочкин А.А., Шубин И.Л., Кочкин Н.А. О прохождении и излучении звука в слоистых вибродемпфированных элементах. Строительство и реконструкция. 2016. №3 (65). С. 119-125.
4. Герасимов А.И., Никонова Е.В. Влияние частотных характеристик динамической жесткости рулонных материалов на улучшение изоляции ударного шума. Промышленное и гражданское строительство. 2016. №4. С. 59-61.
5. Герасимов А.И., Коваленко К.Н. Оценка изоляции воздушного шума междуэтажными перекрытиями с регулируемыми полами в гражданских зданиях. Промышленное и гражданское строительство. 2014. № 11. С. 70-72.
6. Горин В.А., Клименко В.В. Снижение уровня ударного шума паркетными полами. Жилищное строительство. 2013. №6. С. 22-24.
7. Кочкин А.А., Шашкова Л.Э. О повышении звукоизоляции ограждающих конструкций. Academia. Архитектура и строительство. 2010. №3. С. 198-199.
8. Бобылев В.Н., Тишков В.А., Гребнев П.А., Монич Д.В. Инженерный метод расчета звукоизоляции сэндвич-панелей с учетом двойственной природы прохождения звука. Academia. Архитектура и строительство. 2016. №1. С. 134-138.
9. Бобылев В.Н., Тишков В.А., Гребнев П.А., Щеголев Д.Л., Монич Д.В. Прохождение звука через однослойные и многослойные конструкции зданий. Ученые записки физического факультета Московского университета. 2017. №5. С. 175.
10. Karczmarzyk S. Local model of plane acoustic waves propagation in multilayered infinite sandwich structures // Archives of Mechanics. 6 Warszawa, 2011. – 63, 5-6. – P. 573-598.
11. Zhou J., Bhaskar A., Zhang X. Sound transmission through a double-panel construction lined with poroelastic material in the presence of mean flow // Journal of Sound and Vibration, 2013. – 332. P. 3724-3734.
12. Dijkmans A., Vermeir G. Optimization of the acoustic performances of lightweight sandwich roof elements / Ottawa, Canada, INTER-NOISE-2009. August 23-26.
13. Dijkmans A. and Vermeir G., Lauriks W. Sound transmission through finite lightweight multilayered structures with thin air layers // Journal of Acoustical Society of America, 2010. – 128(6). – P. 3513-3524.
14. Ballagh K. O. Adapting Simple Prediction Methods to Sound Transmission of Lightweight Foam Cored Panels // New Zealand Acoustics, 2011. vol. 24. №4. P. 28-32.
15. Wawrzynowicz A., Krzaczek M., Tejchman J. Experiments and FE analyses on airborne sound properties of composite structural insulated panels // Archives of acoustics, 2014. – Vol. 39, №3. – P. 351-364.
16. Fahy F., Gardonio P. Mechanical stiffening and coupling of double partition leaves / In Sound and structural vibration. Section 5.10 - Radiation, transmission and response. Academic Press, London, United Kingdom. 2006. P. 323-330.

17. Bobylyov V.N., Tishkov V.A., Monich D.V., Dymchenko V.V., Grebnev P.A. Experimental study of sound insulation in multilayer enclosing structures // *Noise Control Engineering Journal*. – 2014. – № 62 (5). – P. 354-355.
18. Старцева О.В., Овсянников С.Н. Теоретические и экспериментальные исследования звукоизоляции перегородок. Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2013. №2 (39). С. 176-184.
19. Кочкин А.А. О влиянии вибропоглощающей прослойки на звукоизоляцию слоистых ограждений. В сборнике: Защита населения от повышенного шумового воздействия. Сборник докладов Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. Под ред. Н.И. Иванова, К.Б. Фридмана. 2015. С. 265-269.
20. Горин В.А., Клименко В.В., Литовкин К.Ю. Изменение физико-механических свойств звукоизоляционных прокладочных материалов в процессе эксплуатации. В сборнике: Устойчивое развитие региона: Архитектура, строительство, транспорт. Материалы 4-й Международной научно-практической конференции института архитектуры, строительства и транспорта Тамбовского государственного технического университета. 2017. С. 153-157.
21. Скрипченко Д.С., Овсянников С.Н. // Методика проведения испытаний по определению динамического модуля упругости, динамического модуля сдвига и коэффициента потерь звукоизоляционных материалов // *Строительные материалы*. 2017. №6. С. 55-58.
22. Бобылев В.Н. Экспериментальные исследования звукоизоляции многослойных ограждающих конструкций зданий / В.Н. Бобылев, В.А. Тишков, В.В. Дымченко, Д.В. Мониц, П.А. Гребнев // *Вестник Волжского регионального отделения РААСН / Москва*. – 2014. С. 152-155.
23. Лелюга О.В., Овсянников С.Н., Сухов В.М. Экспериментальная оценка точности метода С.Э. при акустическом возбуждении // *Бюллетень строительной техники*. 2019. №6 (1018). С. 10-12.
24. Кочкин А.А., Шашкова Л.Э., Шубин И.Л. Влияние измененной жесткости на звукоизоляцию вибродемпфированного элемента. // *Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности* 2017. №2 (368). С. 286-291.
25. Лелюга О.В., Овсянников С.Н., Шубин И.Л. Исследование звукоизоляции внутренних ограждающих конструкций с учетом структурной звукопередачи // *Бюллетень строительной техники*. – 2018. №7 (1007). С. 39-43.
26. Лелюга О.В., Овсянников С.Н. Исследование звукоизолирующей способности облегченных перегородок. Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2014. №5 (46). С.98-105.
27. Шубин И.Л., Скрипченко Д.С., Кочкин А.А. Исследование динамических характеристик вибродемпфирующих материалов. // *Бюллетень строительной техники*. 2017 (994). С. 18-19.

REFERENCES

1. Gorin V.A., Klimenko V.V., Porozhenko M.A. Engineering method for calculating shock noise isolation by multilayer floor-to-floor overlappings // *Construction and reconstruction*. 2018. no. 3 (83). Pp. 34-40.
2. Porozhenko M.A. Impact noise Insulation of the enclosing structures of the building. *Bulletin of construction equipment*. 2018. № 6. P. 34-35.
3. Kochkin A.A., Shubin I.L., Kochkin N.A. On the passage and radiation of sound in layered vibro-damped elements. *Construction and reconstruction*. 2016. №3 (65). P. 119-125.
4. Gerasimov A.I., Nikonova E.V. Influence of frequency characteristics of dynamic rigidity of roll materials on improvement of shock noise isolation. *Industrial and civil engineering*. 2016. No. 4. C. 59-61.
5. Gerasimov A.I., Kovalenko K.N. Evaluation of air noise insulation between floors with adjustable floors in civil buildings. *Industrial and civil engineering*. 2014. No. 11. P. 70-72.
6. Gorin V.A., Klimenko V.V. Reduction of impact noise level by parquet floors. *Housing construction*. 2013. No. 6. P. 22-24.
7. Kochkin A.A., Shashkova L.E. On increasing sound insulation of enclosing structures. *Academia. Architecture and construction*. 2010. No. 3. P. 198-199.
8. Bobylev V.N., Tishkov V.A., Grebnev P.A., Monich D.V. Engineering method of calculation of sound insulation of sandwich panels taking into account the dual nature of sound transmission. *Academia. Architecture and construction*. 2016. No. 1. P. 134-138.
9. Bobylev V.N., Tishkov V.A., Grebnev P.A., Shchegolev D.L., Monich D.V. the Passage of sound through single-layer and multilayer structures of buildings. *Scientific notes of the faculty of physics of Moscow University*. 2017. No. 5. P. 175.
10. Karczmarzyk S. Local model of plane acoustic waves propagation in multilayered infinite sandwich structures // *Archives of Mechanics*. 6 Warszawa, 2011. – 63, 5-6. – P. 573-598.

11. Zhou J., Bhaskar A., Zhang X. Sound transmission through a double-panel construction lined with poroelastic material in the presence of mean flow // *Journal of Sound and Vibration*, 2013. – 332. P. 3724-3734.
12. Dijckmans A., Vermeir G. Optimization of the acoustic performances of lightweight sandwich roof elements / Ottawa, Canada, INTER-NOISE-2009. August 23-26.
13. Dijckmans A. and Vermeir G., Lauriks W. Sound transmission through finite lightweight multilayered structures with thin air layers // *Journal of Acoustical Society of America*, 2010. – 128(6). – P. 3513-3524.
14. Ballagh K.O. Adapting Simple Prediction Methods to Sound Transmission of Lightweight Foam Cored Panels // *New Zealand Acoustics*, 2011. vol. 24. №4. P. 28-32.
15. Wawrzynowicz A., Krzaczek M., Tejchman J. Experiments and FE analyses on airborne sound properties of composite structural insulated panels // *Archives of acoustics*, 2014. – Vol. 39, №3. – P. 351-364.
16. Fahy F., Gardonio P. Mechanical stiffening and coupling of double partition leaves / In *Sound and structural vibration. Section 5.10 - Radiation, transmission and response*. Academic Press, London, United Kingdom. 2006. P. 323-330.
17. Bobylyov V.N., Tishkov V.A., Monich D.V., Dymchenko V.V., Grebnev P.A. Experimental study of sound insulation in multilayer enclosing structures // *Noise Control Engineering Journal*. – 2014. – № 62 (5). – P. 354-355.
18. Startseva O.V., Ovsyannikov S.N. Theoretical and experimental studies of sound insulation of partitions. *Bulletin of the Tomsk state University of architecture and construction*. 2013. no. 2 (39). Pp. 176-184.
19. Kochkin A.A. On the influence of a vibration-absorbing layer on the sound insulation of layered fences. In the collection: *Protection of the population from increased noise exposure. Collection of reports of the all-Russian scientific and practical conference with international participation*. Edited by N. I. Ivanov and K. B. Friedman. 2015. Pp. 265-269.
20. Gorin V.A., Klimenko V.V., Litovkin K.Y. Change of physical and mechanical properties of sound-proof cushioning materials during operation. In the collection: *Sustainable development of the region: Architecture, construction, transport. Proceedings of the 4th International scientific-practical conference of the Institute of architecture, construction and transport of Tambov state technical University*. 2017. P. 153-157.
21. Skripchenko D.S., Ovsyannikov S.N. Methods of testing for determining the dynamic modulus of elasticity, dynamic modulus of shear and loss coefficient of sound-insulating materials // *Building material*. 2017. no. 6. Pp. 55-58.
22. Bobylev V.N., Tishkov V.A., Dymchenko V.V., Monich D.V., Grebnev P.A. Experimental studies of sound insulation of multilayer enclosing structures of buildings // *Bulletin of the Volga regional branch of the RAASN, Moscow*. 2014. Pp. 152-155.
23. Lelyuga O.V., Ovsyannikov S.N., Sukhov V.M. Experimental evaluation of the accuracy of the method for acoustic excitation. *Bulletin of construction equipment*. 2019. No. 6 (1018). Pp. 10-12.
24. Kochkin A.A., Shashkova L.E., Shubin I.L. Influence of modified stiffness on sound insulation of a vibration-damped element // *News of higher educational institutions. Technology of the textile industry*. 2017. no. 2 (368). Pp. 286-291.
25. Lelyuga O.V., Ovsyannikov S.N., Shubin I.L. Investigation of sound insulation of internal enclosing structures taking into account structural sound transmission // *Bulletin of construction equipment*. 2018. №7 (1007). Pp. 39-43.
26. Lelyuga O. V., Ovsyannikov S. N. The study of the sound-insulating ability of lightweight partitions. *Bulletin of Tomsk state University of architecture and construction*. 2014. №5 (46). P. 98-105.
27. Shubin I.L., Skripchenko D. S., Kochkin N. A. Investigation of dynamic characteristics of vibration-damping materials // *Bulletin of construction equipment*. 2017 (994). Pp. 18-19.

Информация об авторах:

Горин Виктор Александрович

ФГБОУ ВО «Кубанский государственный технологический университет», г. Краснодар, Россия,
кандидат технических наук, профессор кафедры АГиПЗиС.
E-mail: 2486550@mail.ru

Клименко Виталий Владимирович

ФГБОУ ВО «Кубанский государственный технологический университет», г. Краснодар, Россия,
кандидат технических наук, доцент кафедры АГиПЗиС.
E-mail: 4552439@mail.ru

Пороженко Марианна Александровна

ФГБУ «Научно-исследовательский институт строительной физика Российской академии архитектуры и строительных наук» (НИИСФ РААСН), г. Москва, Россия, главный научный сотрудник.
E-mail: mporoz@mail.ru

Information about authors:

Gorin Viktor A.

FSBEI HE "Kuban State Technological University", Krasnodar, Russia,
candidate of Technical Sciences, Professor of the Department of AGiPZiS.
E-mail: 2486550@mail.ru

Klimenko Vitaly V.

FSBEI HE "Kuban State Technological University", Krasnodar, Russia,
candidate of Technical Sciences, associate Professor of the Department of AGiPZiS.
E-mail: 4552439@mail.ru

Porozhenko Marianna A.

FSBI "Research Institute of Building Physics of the Russian Academy of Architecture and Building Sciences"
(NIISF RAASN), Moscow, Russia, chief Researcher.
E-mail: mporoz@mail.ru