



УДК 699.844

Д. С. КУЗЬМИН, аспирант, ст. преп. кафедры архитектуры; Д. В. МОНИЧ, д-р техн. наук, доц., зав. кафедрой архитектуры; В. Н. БОБЫЛЕВ, чл.-корр. РААСН, проф. кафедры архитектуры; П. А. ГРЕБНЕВ, канд. техн. наук, доц. кафедры архитектуры

НАТУРНЫЕ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ЗВУКОИЗОЛЯЦИИ ЛЕГКОЙ ПЕРЕГОРОДКИ С ФРАГМЕНТИРОВАННЫМИ ТОРКРЕТ-ОБЛИЦОВКАМИ И АКУСТИЧЕСКИМ РАЗОБЩЕНИЕМ СЛОЕВ

ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет»
Россия, 603952, г. Н. Новгород, ул. Ильинская, д. 65. Тел.: (831) 430-19-57;
эл. почта: dmitriy.monich@mail.ru

Ключевые слова: звукоизоляция, легкие перегородки, торкрет-облицовки, акустическое разобщение слоев, натурные экспериментальные исследования.

Представлены результаты натурных экспериментальных исследований звукоизоляции нового типа звукоизолирующих ограждающих конструкций для применения в строительстве – бескаркасных легких перегородок с фрагментированными торкрет-облицовками и акустическим разобщением слоев. Проведен сравнительный анализ частотных характеристик звукоизоляции нового типа ограждений с ограждением-аналогом, а также с однослойной перегородкой из пазогребневых гипсовых плит. Определены индексы изоляции воздушного шума для исследуемых образцов. Показано преимущество звукоизолирующих свойств легкой перегородки нового типа по сравнению с другими типами рассмотренных ограждений.

Объектом исследования является легкая бескаркасная перегородка с торкрет-облицовками, предназначенная для применения в гражданском и промышленном строительстве в качестве звукоизолирующего ограждения между помещениями. Для данного типа ограждающих конструкций было предложено применять следующие параметры отдельных слоев [1]:

– торкрет-облицовки из строительных растворов на основе гипсовых смесей: толщина $h_1 = 10\text{--}25$ мм, плотность $\rho = 900\text{--}1300$ кг/м³;

– средний слой из жестких легких материалов (минеральная вата, пенопласт, пенополистирол, древесное волокно и т. п.): толщина $h_2 = 50\text{--}150$ мм, плотность $\rho = 100\text{--}200$ кг/м³;

– акустическое разобщение среднего слоя и торкрет-облицовок из упругого материала (маты полиэфирного волокна, пенополиэтилена и т. п.): толщина $h_3 = 2\text{--}4$ мм.

Параметры легких перегородок данного типа находятся в следующих пределах: толщина $h_{en} = 70\text{--}200$ мм, поверхностная плотность $\mu = 20\text{--}100$ кг/м².

Для проведения натурных экспериментальных исследований в общественном здании была смонтирована перегородка нового типа с фрагментированными торкрет-облицовками и акустическим разобщением слоев, см. патент [2]. Схема конструктивного решения ограждения представлена на рис. 1. На рис. 1–6 цв. вклейки показаны основные этапы изготовления и монтажа натурального образца легкой перегородки.

**К СТАТЬЕ Д. С. КУЗЬМИНА, Д. В. МОНИЧА, В. Н. БОБЫЛЕВА,
П. А. ГРЕБНЕВА «НАТУРНЫЕ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ
ИССЛЕДОВАНИЯ ЗВУКОИЗОЛЯЦИИ ЛЕГКОЙ ПЕРЕГОРОДКИ
С ФРАГМЕНТИРОВАННЫМИ ТОРКРЕТ-ОБЛИЦОВКАМИ
И АКУСТИЧЕСКИМ РАЗОБЩЕНИЕМ СЛОЕВ»**



а



б

Рис. 1. Изготовление формообразующих решеток из пластиковых панелей: *а* – станок лазерной резки; *б* – готовые изделия



а



б

Рис. 2. Изготовление среднего слоя многослойной перегородки: *а* – на маты из жесткой минеральной ваты приклеивается упругий материал (маты полиэфирного волокна), обеспечивающий акустическое разобщение среднего слоя и торкрет-облицовок; *б* – средний слой установлен между двумя помещениями, на лицевую поверхность упругого материала приклеиваются формообразующие решетки, обеспечивающие фрагментацию торкрет-облицовок



Рис. 3. Лицевая поверхность исследуемого образца с формообразующими решетками



Рис. 4. Заполнение торкрет-смесью ячеек формообразующих решеток



Рис. 5. Нанесение финишного слоя торкрет-смеси с выравниванием поверхности по вертикальным маякам



Рис. 6. Лицевая поверхность исследуемой перегородки при проведении измерений звукоизоляции

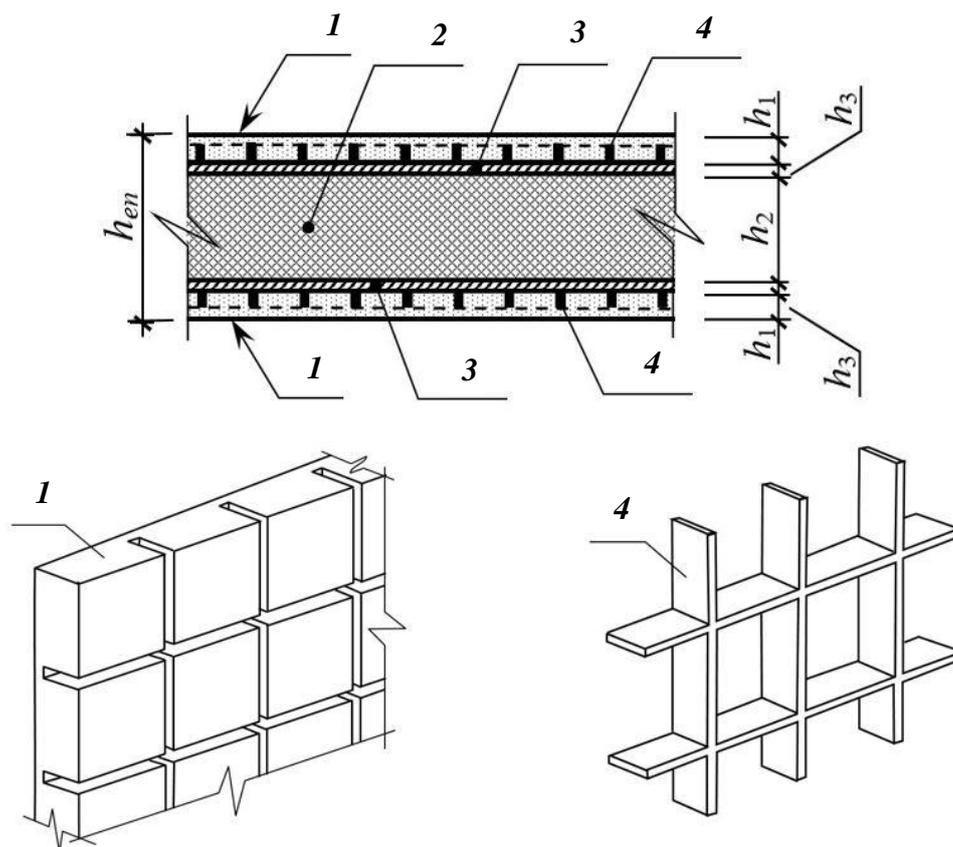


Рис. 1. Схема конструктивного решения легкой бескаркасной перегородки с акустическим разобщением слоев и фрагментированными торкрет-облицовками общей толщиной h_{en} (поперечное сечение): 1 – фрагментированная монолитная торкрет-облицовка (гипсовая смесь) толщиной h_1 ; 2 – средний слой (жесткая минеральная вата или пенопласт) толщиной h_2 ; 3 – упругий слой, обеспечивающий акустическое разобщение среднего слоя и торкрет-облицовок (маты из полиэфирного волокна) толщиной h_3 ; 4 – формообразующая решетка (пенопласт или пластик), обеспечивающая фрагментирование монолитных торкрет-облицовок при нанесении гипсовой смеси

Конструктивное решение нового типа легкой звукоизолирующей перегородки было разработано по результатам теоретических исследований, представленных в работе [3]. Были определены наиболее эффективные способы повышения звукоизоляции легких перегородок с торкрет-облицовками: способ-1 «Акустическое разобщение торкрет-облицовок и среднего слоя»; способ-2 «Фрагментирование торкрет-облицовок». Лабораторные экспериментальные исследования показали значительную эффективность совместной реализации способа-1 и способа-2 [3].

На рис. 2 представлены результаты натурных экспериментальных измерений звукоизоляции двух образцов – исследуемой перегородки с торкрет-облицовками (образец № 1, кривая 1) и перегородки из сэндвич-панели с листовыми облицовками из гипсоволокнистых листов (ГВЛ), с пазогребневым соединением среднего слоя (образец № 2, кривая 2). Сравнительный анализ этих результатов представляет интерес, т. к. обе перегородки относятся к одному типу звукоизолирующих ограждений (бескаркасные сэндвич-панели) и их основные

параметры соизмеримы по величинам: 1) поверхностная плотность: $\mu_1 = 53,2 \text{ кг/м}^2$; $\mu_2 = 60,5 \text{ кг/м}^2$; 2) толщина: $h_1 = 108 \text{ мм}$; $h_2 = 100 \text{ мм}$. Примечание: здесь и далее нумерация в нижних индексах параметров перегородок соответствует их нумерации на рисунках.

Анализируя полученные результаты, можно сделать следующие выводы:

1) звукоизоляция образцов № 1 и № 2 соизмерима друг с другом в диапазоне частот от 100 до 2000 Гц (отличия составляют от 1 до 3 дБ). Это можно объяснить соизмеримыми значениями основных параметров ограждений – поверхностной плотности и толщины;

2) резонансные частоты системы «масса-упругость-масса» для обоих образцов расположены на одной третьоктавной частоте ($f_{msm1,2} = 100 \text{ Гц}$), что подтверждает эффективность примененных способов повышения звукоизоляции сэндвич-панелей в виде акустического разобщения среднего слоя и облицовок, а также пазогребневого соединения среднего слоя;

3) применение фрагментации торкрет-облицовок (образец № 1) позволило сместить граничную частоту области полных пространственных резонансов (ППР) за верхнюю границу нормируемого диапазона частот ($f_{bmn1} = 5000 \text{ Гц} > 3150 \text{ Гц}$). Для образца № 2 с листовыми облицовками из ГВЛ резонансный провал расположен в пределах нормируемого диапазона частот ($f_{bmn2} = 3150 \text{ Гц}$);

4) в диапазоне частот от 500 до 1600 Гц наблюдается снижение звукоизоляции обоих образцов, что объясняется косвенной передачей звука через смежные ограждающие конструкции помещений, транзитные трубопроводы, дверные проемы в смежных помещениях;

5) фактические индексы изоляции воздушного шума образцов составили следующие величины: $R'_{w1} = 48 \text{ дБ}$; $R'_{w2} = 47 \text{ дБ}$.

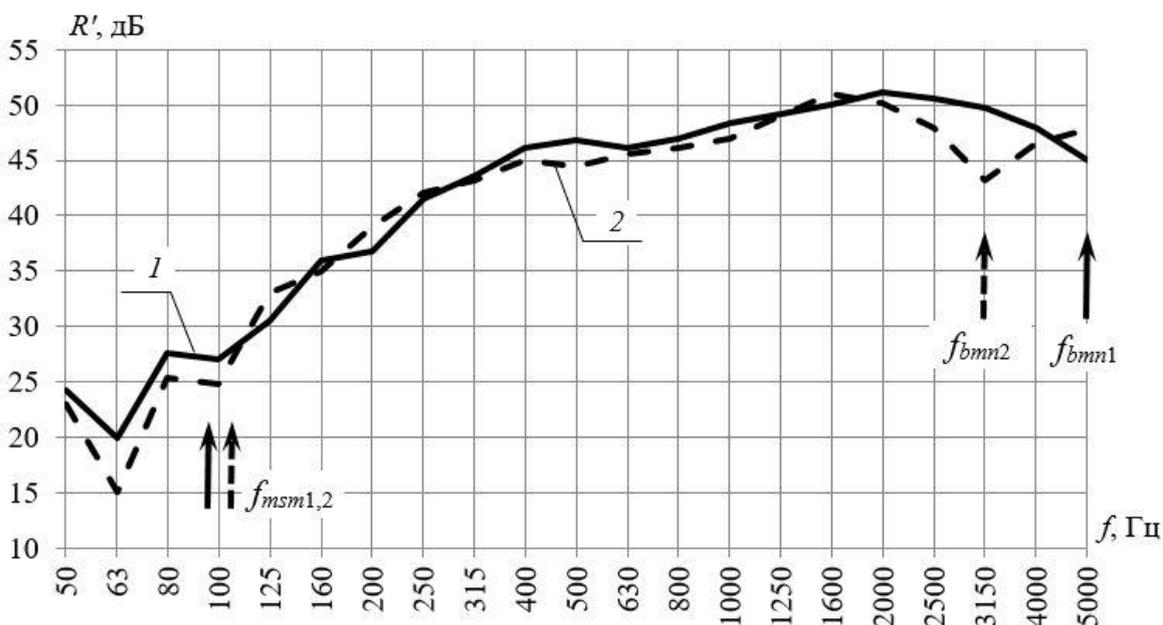


Рис. 2. Результаты натуральных экспериментальных исследований звукоизоляции легких бескаркасных перегородок (размеры образцов $2,65 \times 2,2 \text{ м}$): 1 – образец № 1, перегородка с фрагментированными торкрет-облицовками и акустическим разобщением слоев ($\mu_1 = 53,2 \text{ кг/м}^2$; $h_1 = 108 \text{ мм}$); 2 – образец № 2, перегородка из сэндвич-панели с листовыми облицовками из ГВЛ, с пазогребневым соединением среднего слоя ($\mu_2 = 60,5 \text{ кг/м}^2$; $h_2 = 100 \text{ мм}$)

На рис. 3 представлены результаты натуральных экспериментальных измерений звукоизоляции двух образцов – исследуемой перегородки с торкрет-облицовками (образец № 1, кривая 1) и однослойной перегородки из пазогребневых гипсовых плит (ППГ), образец № 2 (кривая 2).

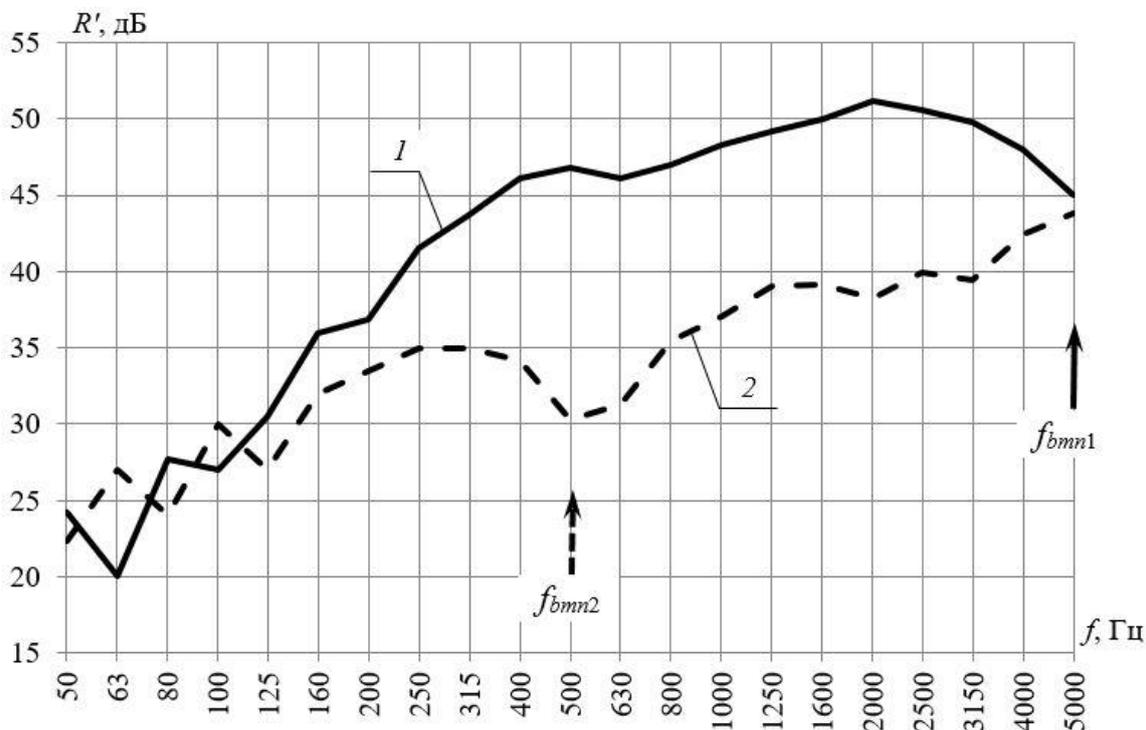


Рис. 3. Результаты натуральных экспериментальных исследований звукоизоляции легких перегородок (размеры образцов $2,65 \times 2,2$ м): 1 – образец № 1, перегородка с фрагментированными торкрет-облицовками и акустическим разобщением слоев ($\mu_1 = 53,2$ кг/м²; $h_1 = 108$ мм); 2 – образец № 2, однослойная перегородка из ППГ ($\mu_2 = 80$ кг/м²; $h_2 = 80$ мм)

Анализируя представленные результаты, можно сделать следующие выводы:

1) звукоизоляция исследуемого типа многослойной перегородки (образец № 1) значительно превышает звукоизоляцию однослойной перегородки (образец № 2) в широком диапазоне частот от 125 до 5000 Гц на величины от 2 до 17 дБ;

2) частотная характеристика звукоизоляции образца № 1 не имеет значительных резонансных провалов в нормируемом диапазоне частот (от 100 до 3150 Гц). Для образца № 2 наблюдается значительное снижение звукоизоляции вблизи граничной частоты области ППР ($f_{bmn2} = 500$ Гц) в широком диапазоне частот от 400 до 1250 Гц;

3) фактические индексы изоляции воздушного шума образцов составили следующие величины: $R'_{w1} = 48$ дБ; $R'_{w2} = 37$ дБ.

По результатам проведенных натуральных экспериментальных исследований можно сделать вывод об эффективности разработанных способов повышения звукоизоляции легких перегородок с торкрет-облицовками [3]. Благодаря их применению области снижения звукоизоляции образцов, расположенные вблизи



резонансной частоты системы «масса-упругость-масса» (f_{msm}) и граничной частоты области ППР (f_{bmn}), были смещены за нижний и верхний пределы нормируемого диапазона частот, соответственно.

Новый тип легкой звукоизолирующей перегородки с фрагментированными торкрет-облицовками и акустическим разобщением слоев может быть рекомендован для применения в гражданском и промышленном строительстве в качестве внутренней ограждающей конструкции между помещениями [4]. В настоящее время разработка и внедрение новых типов легких звукоизолирующих ограждений является актуальной задачей для строительного комплекса России [5, 6]. Исследованная в натуральных условиях перегородка обеспечивает выполнение нормативных требований СП 51.13330 «Защита от шума» по величине фактического индекса изоляции воздушного шума ($R'_w = 48$ дБ) и может применяться в следующих типах зданий:

1) в жилых зданиях – в качестве перегородок без дверей между комнатами ($R_{\text{итреб}} \geq 43$ дБ); перегородок между кухней и комнатой в квартире ($R_{\text{итреб}} \geq 43$ дБ); перегородок между санузлом и комнатой одной квартиры ($R_{\text{итреб}} \geq 47$ дБ);

2) в административных зданиях и в офисах – в качестве перегородок между кабинетами и отделяющие кабинеты от рабочих комнат ($R_{\text{итреб}} \geq 45$ дБ);

3) в административных зданиях и в офисах – в качестве перегородок между офисами различных фирм, между кабинетами различных фирм ($R_{\text{итреб}} \geq 48$ дБ);

4) в больницах и санаториях – в качестве перегородок между палатами, кабинетами врачей ($R_{\text{итреб}} \geq 48$ дБ);

5) в образовательных организациях – в качестве перегородок между классами, кабинетами и аудиториями и перегородок, отделяющих эти помещения от помещений общего пользования ($R_{\text{итреб}} \geq 48$ дБ);

6) в дошкольных образовательных организациях – в качестве перегородок между групповыми комнатами, спальнями и между другими детскими комнатами ($R_{\text{итреб}} \geq 47$ дБ).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Кузьмин, Д. С. Экспериментальные исследования звукоизоляции сэндвич-панелей с торкрет-облицовками / Д. С. Кузьмин, Д. В. Монич, П. А. Гребнев, О. В. Градова. – Текст : непосредственный // Жилищное строительство. – Москва : Стройматериалы, 2022. – № 7. – С. 18–23.

2. Патент № 217696 Российская Федерация. Звукоизолирующее ограждение с облицовками из метаматериала : заявл. 21.02.2023 : опубл. 12.04.2023 / Д. С. Кузьмин, Д. В. Монич, В. Н. Бобылев, П. А. Гребнев, В. И. Ерофеев ; Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет. – Текст : непосредственный.

3. Способы повышения звукоизоляции легких перегородок с торкрет-облицовками / Д. С. Кузьмин, Д. В. Монич, П. А. Гребнев, М. А. Пороженко. – Текст : непосредственный // Жилищное строительство. – 2023. – № 7. – С. 10–16.

4. Шубин, И. Л. Звукоизоляция ограждающих конструкций в многоэтажных зданиях. Требования и методы обеспечения / И. Л. Шубин, В. А. Аистов, М. А. Пороженко. – Текст : непосредственный // Строительные материалы. – 2019. – № 3. – С. 33–43.

5. Кочкин, А. А. Физико-технические основы проектирования звукоизоляции легких ограждающих конструкций зданий из элементов с вибродемпфирующими слоями : монография / А. А. Кочкин, Н. А. Кочкин. – Вологда : Вологодский государственный университет, 2022. – 163 с.



6. Способы повышения звукоизоляции ограждающих конструкций зданий / А. А. Кочкин, Л. Э. Шашкова, Н. А. Кочкин, А. В. Иванова. – Текст : непосредственный // Приволжский научный журнал / Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет. – Нижний Новгород, 2022. – № 1. – С. 41–51.

KUZMIN Denis Sergeevich, postgraduate student, senior teacher of the chair of architecture; MONICH Dmitry Viktorovich, doctor of technical sciences, associate professor, holder of the chair of architecture; BOBYLYOV Vladimir Nikolaevich, corresponding member of RAACS, professor of the chair of architecture; GREBNEV Pavel Alekseevich, candidate of technical sciences, associate professor of the chair of architecture

FULL-SCALE EXPERIMENTAL STUDIES OF SOUND INSULATION OF LIGHT PARTITIONS WITH SHOTCRETED CLADDINGS AND ACOUSTIC SEPARATION OF LAYERS

Nizhny Novgorod State University of Architecture and Civil Engineering
65, Iljinskaya St., Nizhny Novgorod, 603952, Russia. Tel.: +7 (831) 430-19-57;
e-mail: dmitriy.monich@mail.ru

Key words: sound insulation, light partitions, shotcreted cladding, acoustic separation of layers, full-scale experimental studies.

The article presents the results of full-scale experimental studies of sound insulation of a new type of sound-insulating enclosing structures for use in construction, i.e. frameless lightweight partitions with fragmented shotcreted claddings and acoustic separation of layers. A comparative analysis of the frequency characteristics of sound insulation of a new type partition with an analogue enclosures, as well as with a single-layer partition made of tongue-and-groove gypsum boards, was carried out. Airborne noise insulation indices were determined for the samples under study. The advantage of the sound-insulating properties of a new type of light partition compared to other types of partitions considered is shown.

REFERENCES

1. Kuzmin D. S., Monich D. V., Grebnev P. A., Gradova O. V. Eksperimentalnye issledovaniya zvukoizolyatsii sendvich-paneley s torkret-oblitsovkami [Experimental studies of sound insulation of sandwich panels with shotcrete facings]. Zhilischnoe stroitelstvo [Housing construction]. Moscow, Stroyaterialy, 2022. № 7. – P. 18–23.
2. Patent № 217696 Rossiyskaya Federatsiya. Zvukoizoliruyushee ograzhdenie s oblitsovkami iz metamateriala [Sound insulating enclosure with metamaterial linings] : zayavl. 21.02.2023 : opubl. 12.04.2023 / Kuzmin D. S., Monich D. V., Boblyov V. N., Grebnev P. A., Erofeev V. I.; Nizhegorod. gos. arkhitektur.-stroit. un-t.
3. Kuzmin D. S., Monich D. V., Grebnev P. A., Porozhenko M. A. Sposoby povysheniya zvukoizolyatsii lyogkikh peregorodok s torkret-oblitsovkami [Methods for increasing the sound insulation of light partitions with shotcrete linings]. Zhilischnoe stroitelstvo [Housing construction]. Moscow, Stroyaterialy, 2023. –№ 7. P. 10–16.
4. Shubin I. L., Aistov V. A., Porozhenko M. A. Zvukoizolyatsiya ograzhdayuschikh konstruktsiy v mnogoetazhnykh zdaniyakh. Trebovaniya i metody obespecheniya [Sound insulation of enclosing structures in many storey buildings. Requirements and methods of provision]. Stroitelnye materialy [Construction Materials]. – 2019. – № 3. – P. 33–43.
5. Kochkin A. A., Kochkin N. A. Fiziko-tehnicheskie osnovy proektirovaniya zvukoizolyatsii lyogkikh ograzhdayuschikh konstruktsiy zdaniy iz elementov s



vibrodempfiruyuschimi sloyami [Physical and technical fundamentals for designing sound insulation of light enclosures of buildings of elements with vibration damping layers]. Monografiya. Vologda: Vologod. gos. un-t, 2022. – 163 p.

6. Kochkin A. A., Shashkova L. E., Kochkin N. A., Ivanova A. V. Sposoby povysheniya zvukoizolyatsii ograzhdayuschikh konstruktsiy zdaniy [Ways to increase sound insulation of enclosures of buildings] *Privolzhskiy nauchny zhurnal [Privolzhsky Scientific Journal]*. Nizhegorod. gos. arkhitektur.-stroit. un-t. Nizhny Novgorod, 2022. № 1. – P. 41–51.

© **Д. С. Кузьмин, Д. В. Монич, В. Н. Бобылев, П. А. Гребнев, 2024**

Получено: 28.12.2023 г.