



УДК 699.844

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

### ЗВУКОИЗОЛЯЦИЯ ЛЕГКИХ ПЕРЕГОРОДОК С ТОРКРЕТ-ОБЛИЦОВКАМИ И АКУСТИЧЕСКИМ РАЗОБЩЕНИЕМ СЛОЕВ

ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет»  
Россия, 603950, 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 разобшение слоев.

---

*Представлены результаты исследований звукоизоляции нового типа звукоизолирующих ограждающих конструкций для применения в строительстве бескаркасных легких перегородок с торкрет-облицовками и акустическим разобщением слоев. Проведен сравнительный анализ частотных характеристик звукоизоляции нового типа ограждений с ограждением-аналогом без акустического разобщения слоев, а также с перегородками из кирпичной кладки и из газосиликатных блоков. Определены индексы изоляции воздушного шума для исследуемых образцов. Показано значительное преимущество звукоизолирующих свойств легких перегородок с торкрет-облицовками и акустическим разобщением слоев по сравнению с другими типами рассмотренных ограждений.*

---

Торкретирование (от лат. *tor* – «штукатурка», *cret* – «уплотненный») – это способ нанесения на поверхность слоя строительного раствора. Данная технология широко используется для оштукатуривания стен и перегородок в различных типах зданий. Предлагается расширить применение технологии торкретирования и использовать ее для возведения легких перегородок между помещениями. Это позволит уменьшить массу внутренних ограждающих конструкций и повысить скорость их возведения, что актуально для строительства многоэтажных и малоэтажных зданий. Уменьшение массы ограждений негативно влияет на их звукоизолирующие свойства, поэтому необходимо проведение теоретических и экспериментальных исследований с разработкой рациональных конструктивных решений данного типа легких перегородок. Обеспечение требуемой звукоизоляции внутренних ограждающих конструкций является актуальным вопросом строительной акустики и рассматривается в работах [1]–[5].

Объектом исследования являются легкие бескаркасные перегородки с торкрет-облицовками, поверхностная плотность которых находится в пределах:  $20 < \mu \leq 100 \text{ кг/м}^2$ . Для формирования широкой номенклатуры легких перегородок, применяемых в строительстве, в работе [6] предложено установить параметры отдельных слоев в следующем виде:

– торкрет-облицовки из строительных растворов на основе гипсовых смесей толщиной  $h_1 = 10\text{--}25 \text{ мм}$ . При этом плотность материала после высыхания должна быть в пределах  $1000\text{--}1300 \text{ кг/м}^3$ ;

– средний слой из жестких легких материалов (минеральная вата, пенопласт, пенополистирол, древесное волокно и т. п.) толщиной  $h_2 = 50\text{--}150 \text{ мм}$ . При этом

плотность материала должна быть в пределах 100–200 кг/м<sup>3</sup>;

– армирующая сетка для торкрет-слоев может быть стальной или полимерной. Она закрепляется к ограждающим конструкциям помещения по периметру (к стенам, потолку, полу) и обеспечивает требуемую прочность и устойчивость легкой перегородки.

С учетом вышеуказанных параметров слоев общая толщина перегородок будет находиться в пределах  $h_{en} = 70\text{--}200$  мм, поверхностная плотность в пределах  $\mu = 25\text{--}96$  кг/м<sup>2</sup>. На рис. 1 представлена схема конструктивного решения легкой бескаркасной перегородки с торкрет-облицовками (поперечное сечение).

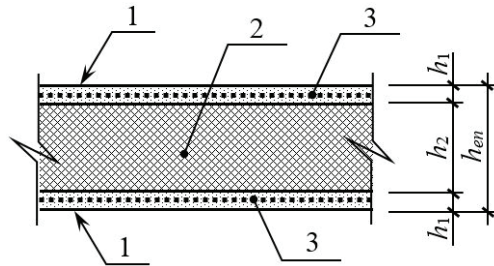


Рис. 1. Схема конструктивного решения легкой бескаркасной перегородки с торкрет-облицовками общей толщиной  $h_{en}$  (поперечное сечение): 1 – торкрет-облицовка толщиной  $h_1$ ; 2 – средний слой толщиной  $h_2$ ; 3 – армирующая сетка

Результаты экспериментальных исследований звукоизоляции данного типа ограждения рассмотрены в статье [6]. Был сделан вывод о том, что основное влияние на форму частотной характеристики звукоизоляции ограждения с торкрет-облицовками оказывает расположение провала звукоизоляции вблизи резонансной частоты системы «масса-упругость-масса» (диапазон средних частот,  $f = 315\text{--}500$  Гц). Данный резонанс характерен для многослойных ограждающих конструкций, сформированных по принципу сэндвич-панелей, путем сочетания жестких листовых облицовок и более упругого среднего слоя.

Звукоизоляция ограждения в диапазоне средних частот оказывает значительное влияние на величину индекса изоляции воздушного шума ( $R_w$ , дБ), и, соответственно, на выполнение нормативных требований СП 51.13330 «Защита от шума». Поэтому при проектировании звукоизолирующих многослойных ограждений необходимо смещать резонансный провал системы «масса-упругость-масса» в диапазон более низких частот. Одним из наиболее эффективных способов решения данной задачи является применение акустического разобщения облицовок и среднего слоя [7].

С учетом положительных результатов, полученных ранее для сэндвич-панелей с листовыми облицовками [7], [8], авторами разработан новый тип звукоизолирующего ограждения – легкая бескаркасная перегородка с торкрет-облицовками и акустическим разобщением слоев. На его конструктивное решение (см. рис. 2) оформлен патент [9].

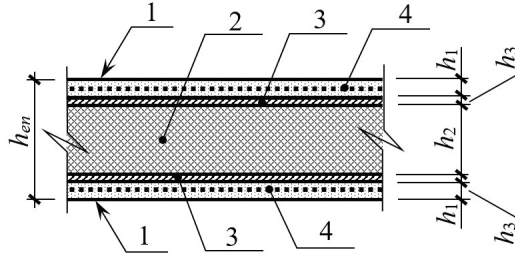


Рис. 2. Схема конструктивного решения легкой бескаркасной перегородки с торкрет-облицовками и акустическим разобщением слоев общей толщиной  $h_{en}$  (поперечное сечение): 1 – торкрет-облицовка толщиной  $h_1$ ; 2 – средний слой толщиной  $h_2$ ; 3 – акустическое разобщение слоев (слой упругого материала толщиной  $h_3$ ); 4 – армирующая сетка

Первый этап экспериментальных исследований звукоизоляции нового типа ограждения был проведен в Средних акустических камерах Нижегородского государственного архитектурно-строительного университета. Результаты исследований приведены на рис. 3, 4 – для образцов с толщинами торкрет-облицовок  $h_1 = 12$  мм и  $h_1 = 24$  мм, соответственно.

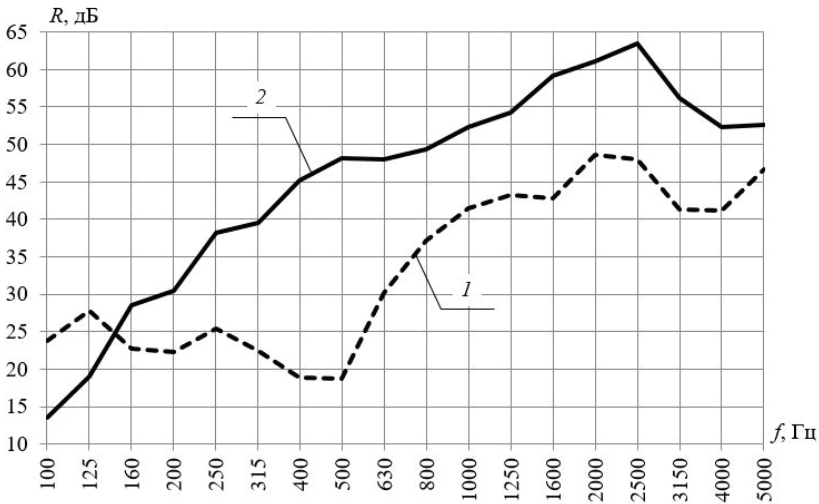


Рис. 3. Экспериментальные частотные характеристики звукоизоляции легких бескаркасных перегородок с торкрет-облицовками (размеры образцов  $2,0 \times 1,2$  м; торкрет-облицовки из гипсовой смеси,  $h_1 = 12$  мм; средний слой из жесткой минеральной ваты,  $h_2 = 50$  мм): 1 – образец без акустического разобщения слоев, общая толщина образца  $h_{en} = 74$  мм; 2 – образец с акустическим разобщением слоев, слои акустического разобщения из матов полиэфирного волокна,  $h_3 = 4$  мм, общая толщина образца  $h_{en} = 82$  мм



Рис. 4. Экспериментальные частотные характеристики звукоизоляции легких бескаркасных перегородок с торкрет-облицовками (размеры образцов  $2,0 \times 1,2$  м; торкрет-облицовки из гипсовой смеси  $h_1 = 24$  мм; средний слой из жесткой минеральной ваты,  $h_2 = 50$  мм): 1 – образец без акустического разобщения слоев, общая толщина образца  $h_{en} = 98$  мм; 2 – образец с акустическим разобщением слоев, слои акустического разобщения из матов полиэфирного волокна,  $h_3 = 4$  мм, общая толщина образца  $h_{en} = 106$  мм

Анализируя представленные результаты, можно сделать вывод о значительном влиянии акустического разобщения слоев на звукоизоляцию образцов во всем нормируемом диапазоне частот:

1) резонансный провал системы «масса-упругость-масса» смещается из диапазона средних частот в диапазон низких частот: для образцов с толщинами торкрет-облицовок  $h_1 = 12$  мм смещение происходит с частоты  $f_{msm1} = 500$  Гц на частоту  $f_{msm2} = 100$  Гц, т. е. более чем на 2 октавы (см. рис. 3); для образцов с толщинами торкрет-облицовок  $h_1 = 24$  мм смещение происходит с частоты  $f_{msm1} = 315$  Гц на частоту  $f_{msm2} = 80$  Гц, т. е. на 2 октавы (см. рис. 4);

2) звукоизоляция повышается в широком диапазоне средних и высоких частот: для образцов с толщинами торкрет-облицовок  $h_1 = 12$  мм повышение составляет от 5 до 28 дБ в диапазоне частот  $f = 160$ – $5000$  Гц (см. рис. 3); для образцов с толщинами торкрет-облицовок  $h_1 = 24$  мм повышение составляет от 2 до 21 дБ в диапазоне частот  $f = 125$ – $3150$  Гц (см. рис. 4);

3) смещение резонансных провалов системы «масса-упругость-масса» в диапазон низких частот приводит к снижению звукоизоляции в данном диапазоне: для образцов с толщинами торкрет-облицовок  $h_1 = 12$  мм снижение составляет от 8 до 10 дБ в диапазоне частот  $f = 100$ – $125$  Гц (см. рис. 3); для образцов с толщинами торкрет-облицовок  $h_1 = 24$  мм снижение составляет 3 дБ на частоте  $f = 100$  Гц (см. рис. 4).

На рис. 3, 4 также можно видеть расположение резонансных провалов вблизи граничных частот области полных пространственных резонансов: для образцов с толщинами торкрет-облицовок  $h_1 = 12$  мм резонанс расположен на частоте  $f = 4000$  Гц; для образцов с толщинами торкрет-облицовок  $h_1 = 24$  мм резонанс расположен на частоте  $f = 2000$  Гц.

Индексы изоляции воздушного шума исследованных образцов изменились

на значительные величины за счет применения акустического разобщения слоев: для образцов с толщинами торкрет-облицовок  $h_1 = 12$  мм повышение составило  $\Delta R_w = 45$  дБ – 31 дБ = 14 дБ; для образцов с толщинами торкрет-облицовок  $h_1 = 24$  мм повышение составило  $\Delta R_w = 47$  дБ – 36 дБ = 11 дБ.

Второй этап экспериментальных исследований звукоизоляции нового типа ограждения был проведен в Больших акустических камерах ННГАСУ в соответствии с требованиями ГОСТ 27296-2012 (объем камеры высокого уровня  $V_{КВУ} = 259$  м<sup>3</sup>, объем камеры низкого уровня  $V_{КНУ} = 211$  м<sup>3</sup>, площадь испытательного проема  $S = 10,5$  м<sup>2</sup>). Результаты исследований приведены на рис. 5. Анализируя представленные результаты, можно сделать следующие выводы:

1) для большинства частот нормируемого диапазона звукоизоляция легкой перегородки с торкрет-облицовками (кривая 1) значительно превосходит звукоизоляцию перегородок из традиционных материалов, используемых в строительстве: для перегородки из кирпичной кладки (кривая 2) превышение составляет от 4 до 17 дБ в диапазоне частот  $f = 200$ –1600 Гц; для перегородки из газосиликатных блоков (кривая 3) превышение составляет от 4 до 22 дБ в диапазоне частот  $f = 125$ –5000 Гц;

2) на частоте  $f = 100$  Гц можно видеть резкое снижение звукоизоляции перегородки с торкрет-облицовками (кривая 1) по сравнению со звукоизоляцией кирпичной перегородки (кривая 2) и перегородки из газосиликатных блоков (кривая 3). Это вызвано расположением в данном диапазоне резонансной частоты системы «масса-упругость-масса». Провал звукоизоляции на частоте  $f = 2000$  Гц расположен вблизи резонансной частоты области полных пространственных резонансов торкрет-облицовки.

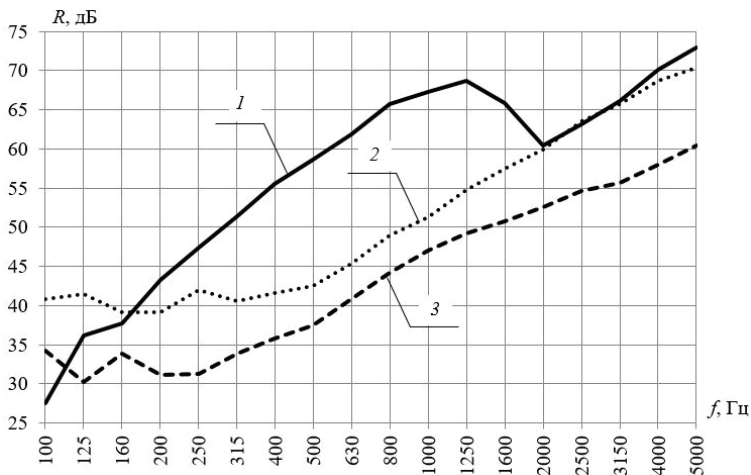


Рис. 5. Экспериментальные частотные характеристики звукоизоляции исследуемых образцов перегородок (размеры образцов 4,2×2,5 м): 1 – легкая бескаркасная перегородка с торкрет-облицовками с акустическим разобщением слоев (торкрет-облицовки из гипсовой смеси,  $h_1 = 25$  мм; средний слой из жесткой минеральной ваты,  $h_2 = 50$  мм; слои акустического разобщения из матов полиэфирного волокна,  $h_3 = 4$  мм; общая толщина образца  $h_{en} = 158$  мм); 2 – перегородка из кирпичной кладки (полнотельный силикатный кирпич на цементно-песчаном растворе, толщина образца  $h_{en} = 120$  мм); 3 – перегородка из газосиликатных блоков D600 (кладка на клеевом растворе, толщина образца  $h_{en} = 200$  мм)



3) индекс изоляции воздушного шума легкой перегородки с торкрет-облицовками значительно превышает показатели других исследованных перегородок: по сравнению с перегородкой из кирпичной кладки превышение составило  $\Delta R_w = 57 \text{ дБ} - 49 \text{ дБ} = 8 \text{ дБ}$ ; по сравнению с перегородкой из газосиликатных блоков превышение составило  $\Delta R_w = 57 \text{ дБ} - 43 \text{ дБ} = 14 \text{ дБ}$ ;

4) высокие звукоизоляционные характеристики нового типа ограждения достигнуты при меньшей массе по сравнению с другими исследованными образцами: поверхностная плотность легкой перегородки с торкрет-облицовками  $\mu_1 = 65 \text{ кг/м}^2$ ; поверхностная плотность перегородки из кирпичной кладки  $\mu_2 = 192 \text{ кг/м}^2$ ; поверхностная плотность перегородки из газосиликатных блоков  $\mu_3 = 120 \text{ кг/м}^2$ .

Проведенные исследования позволяют рекомендовать новый тип легкой перегородки с торкрет-облицовками с акустическим разобщением слоев в качестве внутренней ограждающей конструкции между помещениями гражданских и промышленных зданий. При относительно небольших значениях поверхностной плотности ( $\mu = 65 \text{ кг/м}^2$ ) и толщины ( $h_{en} = 158 \text{ мм}$ ) данные перегородки обеспечивают выполнение нормативных требований СП 51.13330 «Защита от шума» по величине индекса изоляции воздушного шума ( $R_w = 57 \text{ дБ}$ ) и могут применяться в следующих типах зданий:

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

2) в гостиницах, имеющих категории «пять звезд» и «четыре звезды» – в качестве перегородок между номерами ( $R_{итреб} \geq 53 \text{ дБ}$ ); в качестве перегородок, отделяющих номера от помещений общего пользования ( $R_{итреб} \geq 53 \text{ дБ}$ );

3) в гостиницах, имеющих категории «три звезды» – в качестве перегородок между номерами ( $R_{итреб} \geq 51 \text{ дБ}$ ); в качестве перегородок, отделяющих номера от помещений общего пользования ( $R_{итреб} \geq 51 \text{ дБ}$ );

4) в гостиницах, имеющих категории ниже «три звезды» – в качестве перегородок между номерами ( $R_{итреб} \geq 50 \text{ дБ}$ ); в качестве перегородок, отделяющих номера от помещений общего пользования ( $R_{итреб} \geq 51 \text{ дБ}$ );

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

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

7) в больницах и санаториях – в качестве перегородок между палатами, кабинетами врачей ( $R_{итреб} \geq 48 \text{ дБ}$ ); перегородок между операционными и перегородок, отделяющих операционные от других помещений ( $R_{итреб} \geq 54 \text{ дБ}$ );

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

9) в дошкольных образовательных организациях – в качестве перегородок между групповыми комнатами, спальнями и между другими детскими комнатами ( $R_{итреб} \geq 47 \text{ дБ}$ ); перегородок, отделяющих групповые комнаты, спальни от кухонь ( $R_{итреб} \geq 52 \text{ дБ}$ ).

В дальнейшем планируется продолжение исследований звукоизоляции легких перегородок с торкрет-облицовками и разработка новых конструктивных решений для применения в строительстве.





## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Шубин, И. Л. Звукоизоляция ограждающих конструкций в многоэтажных зданиях. Требования и методы обеспечения / И. Л. Шубин, В. А. Аистов, М. А. Пороженко. – Текст : электронный // Строительные материалы. – 2019. – № 3. – С. 33–43. – URL: [https://elibrary.ru/download/elibragy\\_37608689\\_15565621.pdf](https://elibrary.ru/download/elibragy_37608689_15565621.pdf).
2. Расчеты шума при проектировании шумозащиты в производственных зданиях : монография / А. И. Антонов, В. И. Леденев, И. В. Матвеева, И. Л. Шубин. – Москва ; Берлин: Директ-Медиа, 2020. – 274 с. – ISBN: 978-5-4499-06 16-8.
3. 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. – Текст : непосредственный.
4. Способы повышения звукоизоляции ограждающих конструкций зданий / А. А. Кочкин, Л. Э. Шашкова, Н. А. Кочкин, А. В. Иванова. – Текст : электронный // Приволжский научный журнал / Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет. – Нижний Новгород, 2022. – № 1. – С. 41–51. – URL: [https://www.elibrary.ru/download/elibragy\\_48294541\\_12460610.pdf](https://www.elibrary.ru/download/elibragy_48294541_12460610.pdf).
5. Лелюга, О. В. Исследование звукоизоляции внутренних ограждающих конструкций с учетом структурной звукопередачи / О. В. Лелюга, С. Н. Овсянников, И. Л. Шубин // БСТ: Бюллетень строительной техники. – 2018. – № 7. – С. 39–43.
6. Экспериментальные исследования звукоизоляции сэндвич-панелей с торкрет-облицовками / Д. С. Кузьмин, Д. В. Монич, П. А. Гребнев, О. В. Градова // Жилищное строительство. – 2022. – № 7. – С. 18–23.
7. Гребнев, П. А. Исследование звукоизолирующих свойств бескаркасных ограждающих конструкций из сэндвич-панелей / П. А. Гребнев, Д. В. Монич. – Текст : электронный // Приволжский научный журнал / Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет. – Нижний Новгород, 2014. – № 3. – С. 53–59. – URL: [https://www.elibrary.ru/download/elibragy\\_22025215\\_32848489.pdf](https://www.elibrary.ru/download/elibragy_22025215_32848489.pdf).
8. Патент № 153758 U1 Российская Федерация. Звукоизолирующее ограждение : № 2014123097/03 : заявл. 06.05.2014 : опубл. 27.07.2015 / В. Н. Бобылев, П. А. Гребнев, Д. В. Монич, В. А. Тишков ; заявитель и патентообразователь Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет. – 11 с. ил. – Текст : непосредственный.
9. Патент № 214565 U1, Российская Федерация. Звукоизолирующее ограждение : № 2022124938U : заявл. 22.09.2022 : опубл. 03.11.2022 / Д. С. Кузьмин, В. Н. Бобылев, В. И. Ерофеев, И. С. Павлов, П. А. Гребнев, А. В. Гагулаев, А. П. Ефимов, С. Н. Поleshиков. : заявитель и патентообразователь Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет. – Текст : непосредственный.

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

## 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, 603950, Russia. Tel.: +7 (831) 430-19-36;  
e-mail: [dmitriy.monich@mail.ru](mailto:dmitriy.monich@mail.ru)

*Key words:* sound insulation, light partitions, shotcreted cladding, acoustic separation of layers.



*The article presents the results of studies of sound insulation of a new type of sound insulating enclosures for use in construction of frameless light partitions with shotcreted claddings and acoustic separation of layers. A comparative analysis of frequency characteristics of the sound insulation of a new type of partition with an analogue partition without acoustic separation of layers, as well as with partitions made of brickwork and gas silicate blocks, was carried out. Airborne sound insulation indexes for the studied samples are determined. A significant advantage of the sound insulating properties of light partitions with shotcreted claddings and acoustic separation of layers in comparison with other types of considered enclosures is shown.*

## REFERENCES

1. Shubin I. L., Aistov V. A., Porozhenko M. A. Zvukoizolyatsiya ograzhdayuschikh konstruktsey v mnogoetaznykh zdaniyakh. Trebovaniya i metody obespecheniya [Sound insulation of enclosing structures in multi-storey buildings. Requirements and methods of provision]. Stroitelnye materialy [Construction Materials]. – 2019. – № 3. – P. 33–43. – URL: [https://elibrary.ru/download/elibrary\\_37608689\\_15565621.pdf](https://elibrary.ru/download/elibrary_37608689_15565621.pdf).
2. Antonov A. I., Ledenev V. I., Matveeva I. V., Shubin I. L. Raschyoty shuma pri proektirovani shumozaschity v proizvodstvennykh zdaniyakh [Noise calculations in the design of noise protection in industrial buildings]. Monografiya. Moscow, Berlin: Direkt-Media, 2020. – 274 p. – ISBN: 978-5-4499-06 16-8.
3. Kochkin A. A., Kochkin N. A. Fiziko-tehnicheskie osnovy proektirovaniya zvukoizolyatsii lyogkikh ograzhdayuschikh konstruktsey zdaniy iz elementov s vibrodempfiruyuschimi sloyami [Physical and technical fundamentals for designing sound insulation of light building envelopes of elements with vibration damping layers]. Monografiya. Vologda: Vologodsk. gos. un-t, 2022. – 163 p.
4. Kochkin A. A., Shashkova L. E., Kochkin N. A., Ivanova A. V. Sposoby povysheniya zvukoizolyatsii ograzhdayuschikh konstruktsey 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. – URL: [https://www.elibrary.ru/download/elibrary\\_48294541\\_12460610.pdf](https://www.elibrary.ru/download/elibrary_48294541_12460610.pdf).
5. Lelyuga O. V., Ovsyannikov S. N., Shubin I. L. Issledovanie zvukoizolyatsii vnutrennikh ograzhdayuschikh konstruktsey s uchyotom strukturnoy zvukoperedachi [Study of sound insulation of internal enclosing structures, taking into account structural sound transmission]. BST: Byulleten stroitelnoy tekhniki [BST: Building Machinery Bulletin]. 2018. № 7 – P. 39–43.
6. Kuzmin D. S., Monich D. V., Grebnev P. A., Gradova O. V. Eksperimentalnye issledovaniya zvukoizolyatsii sendvich-paneley s torkret-oblitovkami [Experimental studies of sound insulation of sandwich panels with shotcrete facings]. Zhilischnoe stroitelstvo [Housing construction]. Moscow, Stroymaterialy, 2022. № 7. – P. 18–23.
7. Grebnev P. A., Monich D. V. Issledovanie zvukoizoliruyuschikh svoystv beskarkasnykh ograzhdayuschikh konstruktsey iz sendvich-paneley [The study of sound insulation of frameless enclosing structures made of sandwich-panels]. Privolzhskiy nauchny zhurnal [Privolzhsky Scientific Journal]. Nizhegorod. gos. arkhitektur.-stroit. un-t. Nizhny Novgorod, 2014. № 3. – P. 53–59.
8. Bobylyov V. N., Grebnev P. A., Monich D. V., Tishkov V. A. Zvukoizoliruyushee ograzhdenie [Sound insulating enclosure]. Patent № 153758 U1, RF, № 2014123097/03 : 06.05.2014: opubl. 27.07.2015 ; zayavitel i patentoobrazovatel Nizhegorod. gos. arkhitektur.-stroit. un-t. – 11 p.: il.
9. Kuzmin D. S., Bobylyov V. N., Erofeev V. I., Pavlov I. S., Grebnev P. A., Gagulaev A. V., Efimov A. P., Poleschikov S. N. Zvukoizoliruyushee ograzhdenie [Sound insulating enclosure]. Patent № 214565 U1, RF; № 2022124938U : zayavl. 22.09.2022 : opubl. 03.11.2022: zayavitel i patentoobrazovatel Nizhegorod. gos. arkhitektur.-stroit. un-t.

© Д. С. Кузьмин, Д. В. Монич, В. Н. Бобылев, П. А. Гребнев, 2023

Получено: 28.01.2023 г.