



fizicheskoy nelineynosti materiala [Longitudinal-transverse bending of rods in elastic-malleable medium considering physical nonlinearity of material] : spetsialnost 01.02.03 : dis. ... cand. tekhn. nauk. – Kharkov, 1984. – 193 p.: il.

5. Fateev V. V. Issledovaniya raboty gorizontально nagruzhennykh modeley svaynykh fundamentov s odnoryadnym raspolozheniem prizmaticheskikh svay [Researches on the function of horizontally loaded models of single-row prismatic piles foundations]. Privolzhskiy nauchny zhurnal [Privolzhsky Scientific Journal]. Nizhegor. gos. arkhitektur.-stroit. un-t. Nizhny Novgorod. 2014. № 2. P. 68–70.

© Ю. С. Григорьев, В. В. Фатеев, 2022

Получено: 27.12.2021 г.

УДК 699.844:692.23

А. А. КОЧКИН, д-р техн. наук, доц., зав. кафедрой промышленного и гражданского строительства; **Л. Э. ШАШКОВА**, канд. техн. наук, доц. кафедры промышленного и гражданского строительства; **Н. А. КОЧКИН**, канд. техн. наук, доц. кафедры промышленного и гражданского строительства; **А. В. ИВАНОВА**, ст. преп. кафедры промышленного и гражданского строительства

СПОСОБЫ ПОВЫШЕНИЯ ЗВУКОИЗОЛЯЦИИ ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ ЗДАНИЙ

ФГБОУ ВО «Вологодский государственный университет»

Россия, 160000, г. Вологда, ул. Ленина, д. 15. Тел.: (817) 251-83-96; эл. почта: kochkinaa@vogu35.ru

Ключевые слова: звукоизоляция, однослойные ограждения, слоистые вибродемпфированные элементы, изменение изгибной жесткости, гибкие плиты на относе, двойные ограждения.

Представлены способы повышения звукоизоляции различных видов ограждающих конструкций при сравнении с однослойными ограждениями равной поверхностной плотности. Показано, что приблизить частотную характеристику звукоизоляции конструкции до «закона массы» возможно использованием слоистых вибродемпфированных элементов и путем изменения изгибной жесткости и повышения коэффициента потерь ограждения. Использование данных ограждений по сравнению с листами, соединенными «насухо», позволяет повысить звукоизоляцию двойных ограждающих конструкций.

За последние 50–60 лет со времени массового строительства гражданских и промышленных зданий по типовым проектам несколько раз ужесточались нормативные требования к звукоизоляции ограждающих конструкций. При реконструкции и капитальном ремонте существующих зданий требуется повышать звукоизоляцию ограждений до существующих в настоящее время нормативных требований. Кроме этого сейчас возникает много обращений жильцов к строительным организациям на недостаточную звукоизоляцию межквартирных перегородок и междуэтажных перекрытий. Часто это объясняется экономией материалов и отсутствием знаний по способам повышения звукоизоляции ограждений. Так, для защиты от проникновения из соседнего помещения межквартирную двойную перегородку из кирпича «усиливают» поперечными вертикальными связями из

кирпича (через 2–3 кирпича). Получается жесткая конструкция с пониженной звукоизоляцией.

Новые конструктивные решения ограждений повышенной звукоизоляции разработаны Бобылевым В. Н., Моничем Д. В., Ерофеевым В. И., Гребневым П. А., Дымченко В. В., Кузьминым Д. С., Хазовым П. А. [1–7]. В работах показана возможность использования резерва повышения звукоизоляции однослойных легких ограждений путем применения антивибрационных панелей, бескаркасных сэндвич-панелей с пазогребневым соединением среднего слоя, каркасно-обшивных перегородок с одинарным каркасом различного профиля. Данные решения позволяют повысить звукоизоляцию ограждающих конструкций без увеличения общей поверхностной плотности.

Исследование влияния на звукоизоляцию ограждений структурной звукопередачи рассмотрены в работах Овсянникова С. Н., Лелюги О. В., Жулиной М. Д. [8, 9], где отмечены факторы и параметры ограждающих конструкций и примыкающих к ним элементов здания на снижение звукоизоляции за счет косвенной передачи звука.

В данной статье показаны другие способы повышения звукоизоляции ограждений путем изменения их изгибной жесткости, введения в элементы вибропоглощения и использования этих элементов в двойных и других ограждениях.

Первый используемый способ увеличения звукоизоляции существующих ограждений заключается в устройстве вплотную еще одной или двух перегородок (см. рис. 1а, б). Это приводит к значительному увеличению поверхностной плотности нагрузки на перекрытие, стены, фундамент и снижает полезную площадь помещений. Звукоизоляция повышается незначительно на 2–3 дБ и ведет к удорожанию реконструкции.

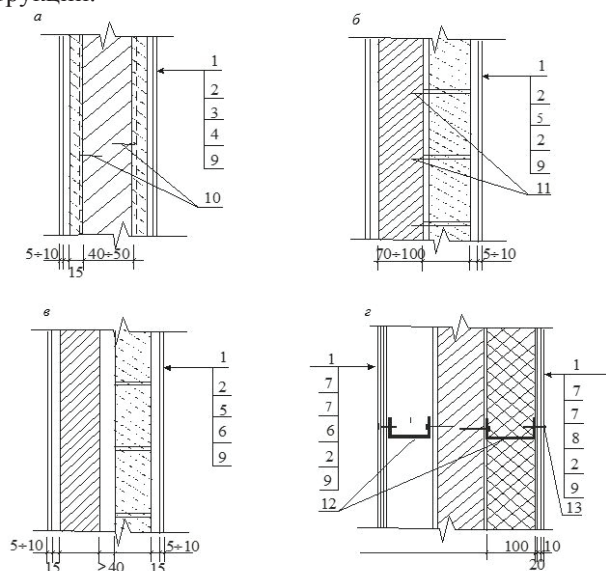


Рис. 1. Конструктивные решения по повышению звукоизоляции ограждений: а, б – увеличение поверхностной плотности; в – устройство дополнительной перегородки; г – гибкие плиты на отnose; 1 – отделочный слой; 2 – штукатурка; 3 – торкретбетон; 4 – стальная сетка; 5 – пазогребневые плиты; 6 – воздушный промежуток; 7 – обшивочные листы (ГВЛ, ГКЛ, ОСП); 8 – звукопоглощающий материал; 9 – существующая перегородка; 10 – дюбель-гвоздь; 11 – анкерный дюбель; 12 – стальной гнутый профиль; 13 – саморез

Повышение звукоизоляции за счет увеличения поверхностной плотности неэффективно. Здесь имеется значительный резерв повышения звукоизоляции ограждений до закона массы (рис. 2). Повысить (приблизить) звукоизоляцию ограждения до закона массы возможно с использованием слоистых вибродемпфированных элементов (СВДЭ), которые представляют собой два и более тонких листа (гипсокартонные, гипсоволокнистые, цементно-стружечные, ориентировано-стружечные), фанеры и другие (рис. 2, 3) [10, 11]. Повышение звукоизоляции слоистых вибродемпфированных элементов по сравнению с однослойными ограждениями равной поверхностной плотности достигается за счет уменьшения толщины листов, что приводит к смещению граничной частоты волнового совпадения в область более высоких частот, за пределы нормируемого диапазона. Использование вибропоглощения для склеивания листов друг с другом приводит к образованию кроме изгибных колебаний ограждения сдвиговых колебаний, которые снижают звуковую энергию, прошедшую через ограждение.

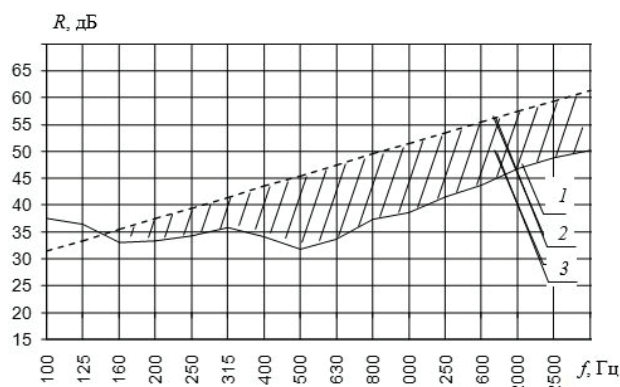


Рис. 2. Частотная характеристика звукоизоляции ограждения: 1 – перегородка из гипсовых плит толщиной 80 мм, $R_w = 40$ дБ; 2 – звукоизоляция по закону массы; 3 – резерв повышения звукоизоляции

Уменьшение динамического модуля упругости вибродемпфирующего слоя смещает граничную частоту волнового совпадения в область более высоких частот (рис. 4).

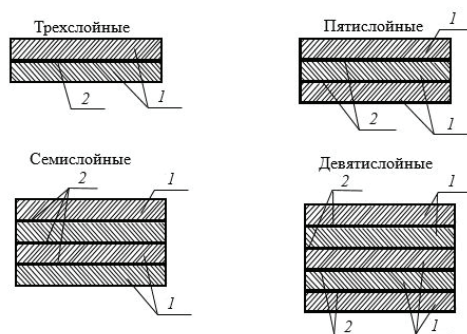


Рис. 3. Предлагаемые слоистые элементы с вибропоглощением для повышения звукоизоляции ограждений: 1 – жесткий слой (стекло, ГВЛ, ГКЛ, фанера и др.); 2 – вибропоглощающий слой

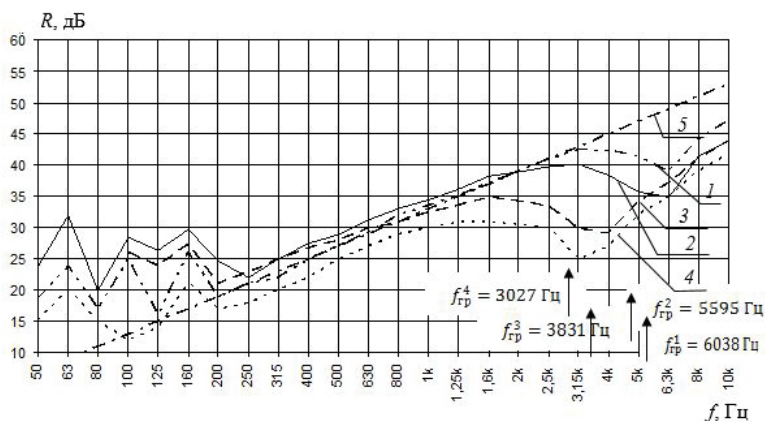


Рис. 4. Частотные характеристики звукоизоляции слоистых элементов, состоящих из двух листов дюралюминия толщиной по 2,0 мм и прослойки из вибродемпфирующего материала толщиной 1,0 мм, $\mu = 11,8 \text{ кг/м}^2$: 1 – динамический модуль упругости вибродемпфирующего слоя $E_d = 0,63 \cdot 10^8 \text{ Па}$, $R_w = 35 \text{ дБ}$; 2 – динамический модуль упругости вибродемпфирующего слоя $E_d = 0,12 \cdot 10^9 \text{ Па}$, $R_w = 34 \text{ дБ}$; 3 – динамический модуль упругости вибродемпфирующего слоя $E_d = 0,4 \cdot 10^9 \text{ Па}$, $R_w = 31 \text{ дБ}$; 4 – однослойное ограждение из дюралюминия толщиной 4 мм, $E_d = 7,0 \cdot 10^{10} \text{ Па}$, $\mu = 10,8 \text{ кг/м}^2$; 5 – закон массы, $\mu = 11,8 \text{ кг/м}^2$

Для более толстых ограждений, у которых граничная частота волнового совпадения располагается в области средних частот, для смещения ее в область высоких частот необходимо ослабить поперечное сечение ограждения путем устройства пропилов в двух направлениях максимальной глубины. Выполненные пропилы заполняются вибропоглощающим материалом, и два таких полуэлемента соединяются в один элемент через вибропоглощающий материал. Также данные конструкции можно использовать и как составные элементы в двойных ограждениях (см. рис. 5) [13]. Такой подход дает возможность уменьшить изгибную жесткость и повысить вибропоглощение внутри конструкции, тем самым происходит повышение (приближение) частотной характеристики звукоизоляции ограждения до закона массы и повышение индекса изоляции воздушного шума конструкции (рис. 6).

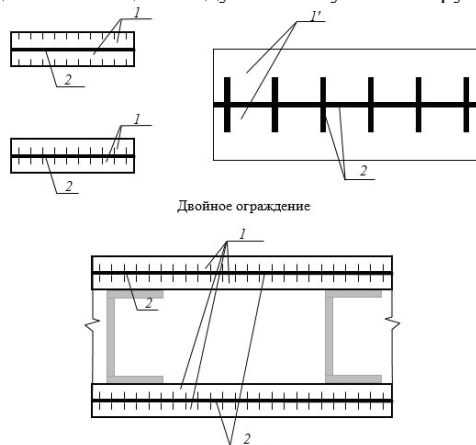


Рис. 5. Конструкции из вибродемпфированных элементов: 1 – наружный слой (ГВЛ, ГКЛ, фанера, ЦСП и т. д.); 1' – наружный слой (бетон, газобетон, пенобетон и т. д.); 2 – вибродемпфирующий материал

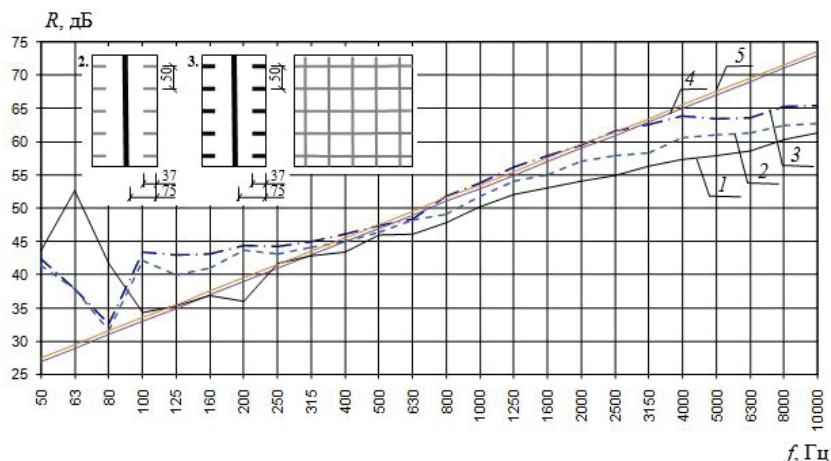


Рис. 6. Частотные характеристики звукоизоляции конструкции, состоящей из двух силикатных газобетонных блоков толщиной по 75,0 мм и прослойки из двух слоев техноэласта толщиной по 3,0 мм, $\mu = 105 \text{ кг/м}^2$: 1 – без пропилов, $R_w = 45 \text{ дБ}$; 2 – наружные пропилы с двух сторон с шагом 50 мм, $R_w = 46 \text{ дБ}$; 3 – наружные пропилы с двух сторон с шагом 50 мм заполнены техноэластом, $R_w = 48 \text{ дБ}$; 4 – закон массы для конструкций 1 и 2; 5 – закон массы для конструкции 3, $\mu = 112 \text{ кг/м}^2$

Для увеличения звукоизоляции существующих ограждений возможно использование гибкой плиты на основе из двух гипсокартонных или гипсоволокнистых листов, соединенных «насухо» или в виде СВДЭ (рис. 1 з) [16–18]. Исследования производились на ограждениях с гибкими плитами, соединенными с основной конструкцией через воздушный зазор, а также при заполнении зазора звукопоглощающим материалом. Конструкции гибких плит состояли из двух листов, а в случае слоистых вибродемпфированных элементов – из двух листов, соединенных вибропоглощающей мастикой Акцент 117.

Индексы изоляции воздушного шума ограждений, полученные по результатам экспериментальных исследований звукоизоляции, представлены в табл. 1.

Таблица 1

Влияние конструкции гибких плит на отношение на звукоизоляцию ограждения при основной конструкции из гипсовых пазогребневых плит

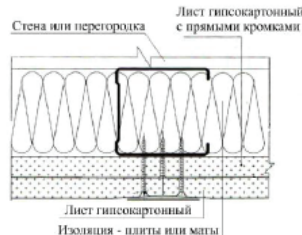
Вид материала гибких плит	Объемная плотность, кг/м^3	Толщина одного листа, мм	Поверхностная плотность гибкой плиты, кг/м^2	Вид заполнения зазора	Индекс изоляции воздушного шума R_w , дБ, для конструкции с гибкими плитами (ГП)		Изменение индекса изоляции воздушного шума R_w , дБ, конструкции с гибкой плитой (ГП) на отношение по отношению к индексу изоляции воздушного шума основной конструкции с $R_w = 40 \text{ дБ}$	
					ГП соединены «насухо»	ГП из СВДЭ	ГП соединены «насухо»	ГП из СВДЭ
					ВЗ			
ГКЛ	704	12,5	17,6	ЗПМ	49	52	9	12
					54	55	14	15

Видно, что акустическая эффективность применения гибких плит из слоистых вибродемпфированных элементов вместо гибких плит из листов, соединенных «насухо», составляет 1–3 дБ. Большая эффективность слоистых вибродемпфированных элементов наблюдается в случае устройства их на легких ограждающих конструкциях. Чем выше поверхностная плотность основной конструкции, тем ниже эффект от устройства слоистых вибродемпфированных элементов по сравнению с листами, соединенными «насухо».

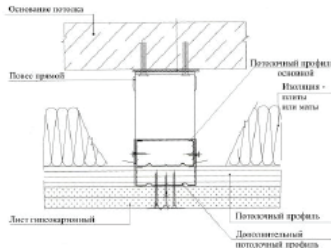
Проведенный анализ показывает на существенный резерв повышения звукоизоляции ограждений за счет использования слоистых элементов из тонких гипсокартонных и гипсоволокнистых листов, соединенных между собой вибропоглощающими материалами. В связи с этим новые легкие ограждения из слоистых элементов с вибропоглощением предлагаются для повышения звукоизоляции существующих межквартирных и межкомнатных перегородок и стен, междуэтажных перекрытий как сверху, так и снизу перекрытия (рис. 7).

Типовые конструкции

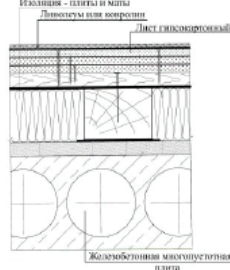
Внутренняя облицовка стен и перегородок по каркасу крепление двухслойной обшивки «насухо»



Подвесной потолок на стальном каркасе крепление двухслойной обшивки «насухо»

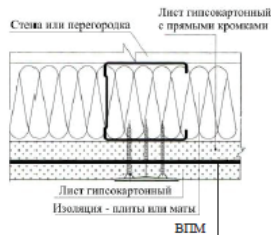


Основания под чистые полы крепление обшивки «насухо»

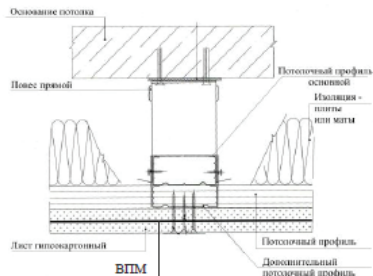


Предлагаемые конструкции

крепление двухслойной обшивки с ВПМ



крепление двухслойной обшивки с ВПМ



крепление обшивки с ВПМ

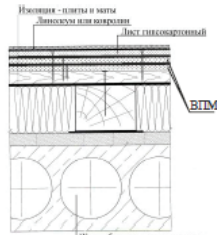


Рис. 7. Конструктивные решения по повышению звукоизоляции ограждений с использованием СВДЭ

Другой способ повышения звукоизоляции ограждений – применение двойных конструкций, которые состоят из двух элементов (кирпич, бетон, гипс, ГВЛ, ГКЛ и другие) и между которыми имеется воздушный промежуток (рис. 1 в).

Звукоизоляция двойных ограждений из слоистых элементов с вибродемп-

фированием по сравнению с однослойными ограждениями или листами, соединенными насухо, повышается за счет склеивания листов вибродемпфирующим материалом и повышения коэффициента потерь СВДЭ [12]. Индекс изоляции воздушного шума данных слоистых элементов выше, чем у листов, соединенных «насухо», на 3–5 дБ.

При исследовании использовались слоистые элементы из гипсокартонных листов толщиной 12,5 мм, склеенных вибропоглощающей мастикой (ВПМ) толщиной 1 мм, с зазором между ними, заполненным звукопоглощающим материалом (ЗПМ). В качестве звукопоглощающего материала использовалась минераловатная плита «Роквул акустик баттс» с плотностью 45 кг/м³ и толщиной 25, 50, 75 и 100 мм.

На рис. 8 приведены частотные характеристики звукоизоляции двойных ограждений при различной толщине звукопоглощающего материала между слоистыми элементами с вибропоглощением.

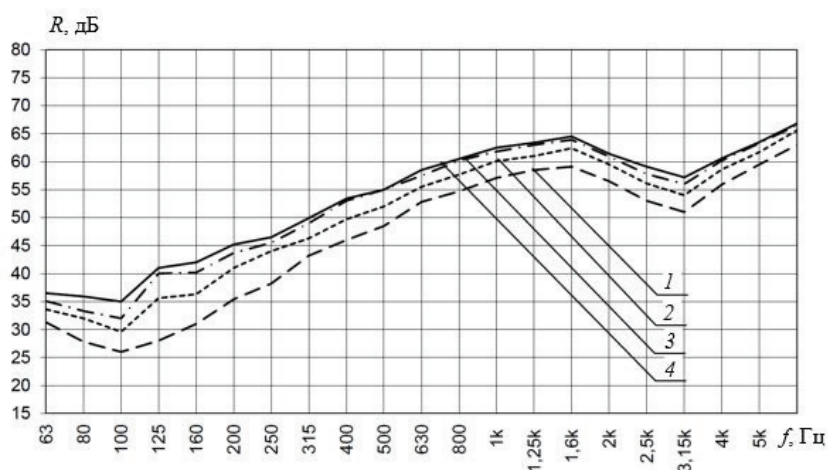


Рис. 8. Частотные характеристики звукоизоляции двойного ограждения из ГКЛ, склеенных ВПМ Акцент 117 при толщине: 1 – ЗПМ 25 мм, $R_w = 49$ дБ; 2 – ЗПМ 50 мм, $R_w = 53$ дБ; 3 – ЗПМ 75 мм, $R_w = 56$ дБ; 4 – ЗПМ 100 мм, $R_w = 57$ дБ

В результате исследований слоистых элементов с вибродемпфированием на звукоизоляцию двойного ограждения установлено, что наибольшая эффективность вибродемпфирования наблюдается при толщине звукопоглощающего материала до 75 мм, при дальнейшем увеличении его толщины вибродемпфирование оказывает незначительное влияние на звукоизоляцию конструкции.

Звукоизоляция двойных ограждений растет при увеличении толщины воздушного промежутка (до определенного предела) и его заполнении звукопоглощающим материалом [10–12, 14, 15].

Необходимо стремиться к снижению жестких связей между элементами и использовать различные способы снижения акустических связей между ними.

Создание звукоизолирующих конструкций, обладающих высокой акустической и технико-экономической эффективностью, возможно на основе легких ограждающих конструкций, состоящих из элементов с вибродемпфирующими слоями, конструктивные решения которых теоретически и экспериментально обоснованы авторами данной статьи.



БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Способы повышения звукоизоляции бескаркасных сэндвич-панелей / В. Н. Бобылев, В. И. Ерофеев, Д. В. Монич, П. А. Гребнев, Д. С. Кузьмин. – Текст : непосредственный // Приволжский научный журнал / Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет. – Нижний Новгород, 2021. – № 2 (58). – С. 32–45.
2. Звукоизоляция однослойных легких перегородок с антирезонансными панелями / В. Н. Бобылев, В. И. Ерофеев, Д. В. Монич, П. А. Гребнев, Д. С. Кузьмин. – Текст : непосредственный // Приволжский научный журнал / Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет. – Нижний Новгород, 2021. – № 3 (59). – С. 46–55.
3. Бобылев, В. Н. Расчет звукоизоляции каркасно-обшивных перегородок с одинарным каркасом : учебное пособие / В. Н. Бобылев, В. В. Дымченко, Д. В. Монич. – Нижний Новгород : ННГАСУ, 2020. – 67 с. – ISBN 978-5-528-00375-7. – Текст : непосредственный.
4. Звукоизоляция сэндвич-панелей с присоединенными облицовками / В. Н. Бобылев, П. А. Гребнев, В. И. Ерофеев, Д. В. Монич, Л. А. Тихомиров, Д. С. Кузьмин. – Текст : непосредственный // Жилищное строительство. – 2020. – № 7. – С. 8–13.
5. Ерофеев, В. И. Резервы повышения звукоизоляции однослойных и многослойных ограждающих конструкций зданий / В. И. Ерофеев, Д. В. Монич. – Текст : непосредственный // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. – 2020. – Т. 22, № 5. – С. 98–110.
6. Звукоизоляция бескаркасных сэндвич-панелей с пазогребневым соединением среднего слоя / В. Н. Бобылев, П. А. Гребнев, В. И. Ерофеев, Д. С. Кузьмин, Д. В. Монич. – Текст : непосредственный // Приволжский научный журнал / Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет. – Нижний Новгород, 2020. – № 3 (55). – С. 9–18.
7. Анализ влияния типа стоечного профиля на звукоизоляцию каркасно-обшивной перегородки с одинарным каркасом путем конечно-элементного моделирования / В. Н. Бобылев, В. В. Дымченко, В. И. Ерофеев, Д. В. Монич, П. А. Хазов. – Текст : непосредственный // Приволжский научный журнал / Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет. – Нижний Новгород, 2019. – № 4 (52). – С. 18–22.
8. Овсянников, С. Н. Расчет звукоизоляции однослойных конструкций с учетом структурной звукопередачи / С. Н. Овсянников, О. В. Лелюга, М. Д. Жулина. – Текст : непосредственный // 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.
9. Овсянников, С. Н. Теоретические и экспериментальные исследования виброакустических систем с малым количеством элементов / С. Н. Овсянников, О. В. Лелюга. – Текст : непосредственный // Инвестиции, строительство, недвижимость как драйверы социально-экономического развития территории и повышения качества жизни населения : материалы IX Международной научно-практической конференции. – Томск, 2019. – С. 29–39.
10. Киряткова, А. В. Экспериментальные исследования звукоизоляции двойных ограждающих конструкций из слоистых элементов / А. В. Киряткова, А. А. Кочкин, И. Л. Шубин, Л. Э. Шашкова. – Текст : непосредственный // Биосферная совместимость: человек, регион, технологии. – 2020. – № 4 (32). – С. 73–79.
11. Иванова, А. В. Практическое использование слоистых элементов с вибропоглощением для повышения звукоизоляции двойных ограждающих конструкций / А. В. Иванова, А. А. Кочкин, И. В. Матвеева. – Текст : непосредственный // Актуальные вопросы развития строительной отрасли : сборник материалов Всероссийской научно-практической конференции. – Вологда, 2020. – С. 11–14.
12. Иванова, А. В. Исследование звукоизоляции двойных ограждающих конструкций из слоистых элементов / А. В. Иванова, А. А. Кочкин. – Текст : непосредственный // Устойчивое развитие региона: архитектура, строительство, транспорт : материалы VII Международной научно-практической конференции. – Тамбов, 2020. – С. 202–205.
13. Шашкова, Л. Э. Повышение звукоизоляции ограждающих конструкций с применением вибродемпфированных элементов / Л. Э. Шашкова, А. А. Кочкин, И. Л. Шубин. –



Текст : непосредственный // Бюллетень строительной техники. – 2018. – № 6 (1006). – С. 26–27.

14. Патент № 189876 Российская Федерация, МПК E04B 1/82. Двойная звукоизолирующая конструкция с обшивками из слоистых вибропоглощающих элементов со звукопоглощающим материалом : № 2019104122 : заявл. 14.02.2019 : опубл. 07.06.2019 / Кочкин А. А., Матвеева И. В., Киряткова А. В., Кочкин Н. А.; заявитель и патентообладатель Вологодский государственный университет. – Бюл. № 16. – 7 с. – Текст : непосредственный.

15. Кочкин, А. А. Исследование изоляции воздушного шума двойными ограждающими конструкциями / А. А. Кочкин, А. В. Киряткова, И. Л. Шубин. – Текст : непосредственный // Бюллетень строительной техники. – 2018. – № 6 (1006). – С. 20–21.

16. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2021660715. Расчет звукоизоляции ограждающих конструкций с использованием гибких плит на основе из слоистых элементов : № 2020664868 : дата поступления 24.11.2020 : зарегистрирована 02.12.2020 / Н. А. Кочкин, А. А. Кочкин, И. Л. Шубин. – Текст : непосредственный.

17. Кочкин, А. А. Влияние конструкции гибкой плиты на отношение на повышение звукоизоляции существующих ограждений / А. А. Кочкин, И. Л. Шубин, Н. А. Кочкин. – Текст : непосредственный // Жилищное строительство. – 2020. – № 7. – С. 14–18.

18. Патент № 186418 Российская Федерация, МПК E04C 1/40. Звукоизолирующая конструкция со слоистым вибропоглощающим элементом на основе : № 2018121362 : заявл. 08.06.2018 : опубл. 21.01.2019 / Кочкин А. А., Матвеева И. В., Кочкин Н. А., Киряткова А. В.; заявитель и патентообладатель Вологодский государственный университет. – Бюл. № 3. – 6 с. – Текст : непосредственный.

KOCHKIN Aleksandr Aleksandrovich, doctor of technical sciences, associate professor, holder of the chair of industrial and civil construction; SHASHKOVA Lola Eduardovna, candidate of technical sciences, associate professor of the chair of industrial and civil construction; KOCHKIN Nikita Aleksandrovich, candidate of technical sciences, associate professor of the chair of industrial and civil construction; IVANOVA Anastasiya Vladimirovna, senior teacher of the chair of industrial and civil construction

WAYS TO INCREASE SOUND INSULATION OF ENCLOSURES OF BUILDINGS

Vologda State University

15, Lenin St., Vologda, 160000, Russia. Tel.: +7 (817) 251-83-96;

e-mail: kochkinaa@vogu35.ru

Key words: sound insulation, single-layer enclosures, layered vibration-damped elements, change in flexural stiffness, flexible slabs on offset, double enclosures.

The article presents methods for increasing sound insulation of various types of building enclosures when compared with single-layer enclosures of equal surface density. It is shown that it is possible to bring the frequency response of the soundproofing of a structure closer to the "law of mass" by using layered vibration-damped elements and by changing the bending stiffness and increasing the loss factor of the enclosure. The use of these enclosures, in comparison with "dry"-connected sheets, allows to increase the sound insulation of double enclosing structures.

REFERENCES

1. Boblyov V. N., Erofeev V. I., Monich D. V., Grebnev P. A., Kuzmin D. S. Sposoby povysheniya zvukoizolyatsii beskarkasnykh sendvich-paneley [Ways to increase sound insulation of frameless sandwich panels]. Privolzhskiy nauchny zhurnal [Privolzhsky Scientific Journal].



Nizhegorod. gos. arkhitektur.-stroit. un-t. Nizhny Novgorod. – 2021. – № 2 (58). – P. 32–45.

2. Bobilyov, V. N., Erofeev V. I., Monich D. V., Grebnev P. A., Kuzmin D. S. Zvukoizolyatsiya odnosloynnykh lyogkikh peregorodok s antirezonsantnymi panyami [Sound insulation of single-layer lightweight partitions with anti-resonant panels]. Privolzhskiy nauchny zhurnal [Privolzhsky scientific journal]. Nizhegorod. gos. arkhitektur.-stroit. un-t. Nizhny Novgorod. – 2021. – № 3 (59). – P. 46–55.

3. Bobilyov V. N., Dymchenko V. V., Monich D. V. Raschyot zvukoizolyatsii karkasno-obshivnykh peregorodok s odinarnym karkasom [Calculation of sound insulation of frame-sheathed partitions with a single frame]. Uchebnoe posobie. – Nizhny Novgorod, NNGASU, 2020. – 67 p. – ISBN 978-5-528-00375-7.

4. Bobilyov V. N., Grebnev P. A., Erofeev V. I., Monich D. V., Tikhomirov L. A., Kuzmin D. S. Zvukoizolyatsiya sendvich-paneley s prisoedinyonnymi oblitsovkami [Sound insulation of sandwich panels with attached claddings]. Zhilishchnoe stroitelstvo [Housing construction]. – 2020. – № 7. – P. 8–13.

5. Erofeev V. I., Monich D. V. Rezervy povysheniya zvukoizolyatsii odnosloynnykh i mnogoslloynnykh ograzhdayushchikh konstruksiy zdaniy [Reserves for increasing the sound insulation of single-layer and multi-layer building envelopes]. Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta [Bulletin of the Tomsk State University of Architecture and Civil Engineering]. – 2020. T. 22. – № 5. – P. 98–110.

6. Bobilyov V. N., Grebnev P. A., Erofeev V. I., Kuzmin D. S., Monich D. V. Zvukoizolyatsiya beskarkasnykh sendvich-paneley s pazogrebnyvm soedineniem srednego sloya [Sound insulation of frameless sandwich panels with groove-type connection of the middle layer]. Privolzhskiy nauchny zhurnal [Privolzhsky Scientific Journal]. Nizhegorod. gos. arkhitektur.-stroit. un-t. Nizhny Novgorod. – 2020. – № 3 (55). – P. 9–18.

7. Bobilyov V. N., Dymchenko V. V., Erofeev V. I., Monich D. V., Khazov P. A. Analiz vliyaniya tipa stochnogo profilya na zvukoizolyatsiyu karkasno-obshivnoy peregorodki s odinarnym karkasom putyom konechno-elementnogo modelirovaniya [Analysis of the influence of a rack profile type on the sound insulation of a single frame partition by finite element modeling]. Privolzhskiy nauchny zhurnal [Privolzhsky Scientific Journal]. Nizhegorod. gos. arkhitektur.-stroit. un-t. Nizhny Novgorod. – 2019. – № 4 (52). – P. 18–22.

8. Ovsyannikov S. N., Lelyuga O. V., Zhulina M. D. Raschyot zvukoizolyatsii odnosloynnykh konstruksiy s uchyotom strukturnoy zvukoperedachi [Calculation of sound insulation of single-layer structures, taking into account structural sound transmission]. Investitsii, stroitelstvo, nedvizhimost kak drayvery sotsialno-ekonomicheskogo razvitiya territorii i povysheniya kachestva zhizni naseleniya [Investments, construction, real estate as drivers of the socio-economic development of the territory and improving the quality of life of the population]. Materialy X Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. – Tomsk, 2020. – P. 372–380.

9. Ovsyannikov S. N., Lelyuga O. V. Teoreticheskie i eksperimentalnye issledovaniya vibroakusticheskikh sistem s malym kolichestvom elementov [Theoretical and experimental studies of vibroacoustic systems with a small number of elements]. Investitsii, stroitelstvo, nedvizhimost kak drayvery sotsialno-ekonomicheskogo razvitiya territorii i povysheniya kachestva zhizni naseleniya [Investments, construction, real estate as drivers of the socio-economic development of the territory and improving the quality of life of the population]. Materialy IX Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. – Tomsk, 2019. – P. 29–39.

10. Kiryatkova A. V., Kochkin A. A., Shubin I. L., Shashkova L. E. Eksperimentalnye issledovaniya zvukoizolyatsii dvoynnykh ograzhdayushchikh konstruksiy iz sloistykh elementov [Experimental studies of sound insulation of double enclosing structures made of layered elements]. Biosfernaya sovместimost: chelovek, region, tekhnologii [Biospheric compatibility: man, region, technology]. 2020. № 4 (32). P. 73–79.

11. Ivanova A. V., Kochkin A. A., Matveeva I. V. Prakticheskoe ispolzovanie sloistykh elementov s vibropogloscheniem dlya povysheniya zvukoizolyatsii dvoynnykh ograzhdayushchikh konstruksiy [Practical use of layered elements with vibration absorption to increase the sound insulation of double building envelopes]. Aktualnye voprosy razvitiya stroitel'noy otrasli [Topical issues of development of the construction industry]. Sbornik materialov Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. Vologda, 2020. P. 11–14.



12. Ivanova A. V., Kochkin A. A. Issledovanie zvukoizolyatsii dvoynnykh ograzhdayuschikh konstruktsiy iz sloistnykh elementov [Investigation of sound insulation of double enclosing structures made of layered elements]. Ustoychivoe razvitie regiona: Arkhitektura, stroitelstvo, transport [Sustainable development of the region: Architecture, construction, transport]. Materialy VII Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. – Tambov, 2020. P. 202–205.

13. Shashkova L. E., Kochkin A. A., Shubin I. L. Povyshenie zvukoizolyatsii ograzhdayuschikh konstruktsiy s primeneniem vibrodempfirovannykh elementov [Improving the sound insulation of enclosing structures using vibration damping elements]. Byulleten stroitelnoy tekhniki [Building Machinery Bulletin]. 2018. № 6 (1006). P. 26–27.

14. Patent № 189876 Rossiyskaya Federatsiya, MPK E04V 1/82. Dvoynnaya zvukoizoliruyushchaya konstruktsiya s obshivkami iz sloistnykh vibropogloschayuschikh elementov so zvukopogloschayushchim materialom [Double soundproofing structure with sheathing of layered vibration-absorbing elements with sound-absorbing material] : № 2019104122 : zayavl. 14.02.2019; opubl. 07.06.2019 / Kochkin A. A., Matveeva I. V., Kiryatkov A. V., Kochkin N. A.; zayavit. i patentoobl. Vologod. gos. un-t. Byul. № 16. – 7 p.

15. Kochkin A. A., Kiryatkov A. V., Shubin I. L. Issledovanie izolyatsii vozdušnogo shuma dvoynnymi ograzhdayuschimi konstruktsiyami [Investigation of Airborne Noise Insulation by Double Enclosing Structures]. Byulleten stroitelnoy tekhniki [Building Machinery Bulletin]. 2018. № 6 (1006). P. 20–21.

16. Svidetelstvo o gosudarstvennoy registratsii programmy dlya EVM №2021660715 [Certificate of state registration of the computer program №2021660715]. Raschyot zvukoizolyatsii ograzhdayuschikh konstruktsiy s ispolzovaniem gibkikh plit na otnose iz sloistnykh elementov [Calculation of sound insulation of enclosing structures using offset flexible slabs of layered elements]: № 2020664868; data postupleniya 24.11.2020; zaregistrovana 02.12.2020 / N. A. Kochkin, A. A. Kochkin, I. L. Shubin.

17. Kochkin A. A., Shubin I. L., Kochkin N. A. Vliyanie konstruktsii gibkoy plity na otnose na povyshenie zvukoizolyatsii suschestvuyuschikh ograzhdeniy [Influence of the design of an offset flexible slab to increase the sound insulation of existing enclosures]. Zhilishchnoe stroitelstvo [Housing construction]. – 2020. – № 7. – P. 14–18.

18. Patent № 186418 Rossiyskaya Federatsiya, MPK E04S 1/40. Zvukoizoliruyushchaya konstruktsiya so sloistym vibropogloschayushchim elementom na otnose [Soundproofing structure with an offset layered vibration-absorbing element] : № 2018121362; zayavl. 08.06.2018; opubl. 21.01.2019 / Kochkin A. A., Matveeva I. V., Kochkin N. A., Kiryatkov A. V.; zayavitel i patentoobladatel Vologod. gos. un-t. Byul. № 3. – 6 p.

© А. А. Кочкин, Л. Э. Шашкова, Н. А. Кочкин, А. В. Иванова, 2022

Получено: 01.02.2022 г.