

СТРОИТЕЛЬНЫЕ КОНСТРУКЦИИ, СТРОИТЕЛЬНАЯ МЕХАНИКА И ГИДРОТЕХНИЧЕСКОЕ СТРОИТЕЛЬСТВО

УДК 699.844

Н. А. КОЧКИН¹, канд. техн. наук, доц. кафедры промышленного и гражданского строительства; И. Л. ШУБИН², чл.-корр. РААСН, д-р техн. наук, проф., директор; А. А. КОЧКИН¹, д-р техн. наук, проф. кафедры промышленного и гражданского строительства

ПОВЫШЕНИЕ ЗВУКОИЗОЛЯЦИИ ОГРАЖДЕНИЙ ЗДАНИЙ ИЗ ПЕРЕКРЕСТНОКЛЕЕНОЙ ДРЕВЕСИНЫ ГИБКИМИ ПЛИТАМИ НА ОТНОСЕ

¹ФГБОУ ВО «Вологодский государственный университет».

Россия, 160000, г. Вологда, ул. Ленина, д. 15.

Тел.: (8172) 51-83-96; эл. почта: kochkinna@vogu35.ru

²ФГБУ «Научно-исследовательский институт строительной физики РААСН».

Россия, 127238, г. Москва, Локомотивный проезд, д. 21.

Тел.: (495) 482-35-47; эл. почта: niis@niisf.ru

Ключевые слова: перекрестноклееная древесина, гибкие плиты на относе, индекс изоляции воздушного шума, дополнительная звукоизоляция.

Показаны результаты измерения звукоизоляции ограждающих конструкций из перекрестноклееной древесины с гибкими пластинами на относе в лабораторных условиях. Отмечено влияние на звукоизоляцию размера воздушного зазора между основной конструкцией и гибкими плитами на относе и его заполнения звукопоглощающим материалом.

Северные регионы России имеют огромные запасы древесины, которые используются для строительства рубленых, бруscатых, оцилиндрованных, каркасных одно-двухэтажных жилых домов, элементов многоэтажных зданий (полы, окна, двери, крыши), изготовления фанеры, древесноволокнистых и стружечных плит и др. и как топливо в сельской местности. Необходима глубокая переработка древесины и строительство зданий большей этажности высокой степени заводской готовности. Этому требованию отвечает продукция Сокольского деревообрабатывающего комбината в Вологодской области, в котором на автоматизированных линиях производятся несущие и ограждающие конструкции из перекрестноклееной древесины и клееного профилированного бруса по любым планировочным и конструктивным запросам заказчика, обеспечивая комфортную и здоровую среду в помещениях. Первые два четырехэтажных дома из перекрестноклееной древесины построены в г. Соколе (микрорайон «Соколики»).

Перекрестноклееная древесина (*CLT*-панели) представляет собой клееную многослойную древесину с перекрестным расположением слоев. Изготовление *CLT*-панелей состоит из нескольких операций: сушка, выбор, группировка и строгание пиломатериалов, нанесение клея, укладка ламелей несколькими перпендикулярными слоями и склеивание под давлением в массивную панель. Размеры панели: длина до 16 метров, ширина (высота) до 3,5 метров, толщина от 60 до 350 мм. Число слоев в панели от 3 до 8, толщина ламелей 20, 30, 40 мм.

Древесина хвойных пород (ель, сосна), используемая в производстве CLT-панелей, имеет малую объемную плотность и составляет $450 \text{ кг}/\text{м}^3$, что значительно меньше (в 4–5 раз) по сравнению с традиционными достаточно хорошо изученными и отвечающими требованиям по звукоизоляции строительными материалами (железобетон, бетон, кирпич).

Для создания звукового комфорта в зданиях из перекрестноклееной древесины необходимо использовать различные конструктивные решения по увеличению звукоизоляции. Исследование звукоизоляции элементов зданий из кирпича, бетона и ее повышение увеличением поверхностной плотности и устройством двойных ограждений рассмотрено ранее в работах [1–8], в зданиях из дерева – в работе [9]. Одним из методов повышения звукоизоляции ограждений является устройство гибких плит на откосе [10–13], что приводит к получению высокой дополнительной звукоизоляции при наименьшей толщине и поверхностной плотности основной конструкции (рис. 1).

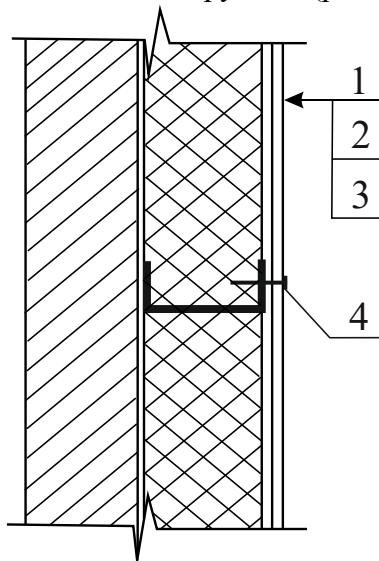


Рис. 1. Конструктивное решение по повышению звукоизоляции ограждения гибкими плитами на откосе: 1 – гипсокартонные листы толщиной по $12,5 \text{ мм}$; 2 – воздушный зазор, образованный каркасом из стального гнутого профиля (может быть заполнен звукопоглощающим материалом); 3 – ограждение из перекрестноклееной древесины толщиной 160 мм ; 4 – саморез

В данном случае гибкие плиты на откосе можно устанавливать с обеих сторон ограждения. Используя данный метод, получаем при минимальном увеличении поверхностной плотности ограждения высокий рост дополнительной звукоизоляции. Ограничение применения указанного метода связано с недостаточным исследованием изменения звукоизоляции ограждений с учетом их параметров и конструктивных решений гибких плит на откосе.

В целях широкого использования данного метода повышения звукоизоляции и наиболее рационального проектирования звукоизоляции путем целенаправленного регулирования параметров гибких плит потребуется проведение комплекса экспериментальных исследований с различными конструктивными решениями гибких плит на откосе [10, 11].

Влияние конструктивных параметров и физико-механических характеристик гибких плит на откосе и основной конструкции из перекрестноклееной древесины



экспериментально исследовалось при помощи испытательной установки «Реверберационные помещения Вологодского государственного университета для измерения изоляции воздушного шума ограждающими конструкциями в лабораторных условиях». В соответствии с действующим ГОСТом на измерение звукоизоляции установка аттестована ФГУП «ВНИИФТРИ».

Исследования проводились при основной конструкции из перекрестноклееной пятислойной древесины толщиной 160 мм (3 ламели по 40 мм и 2 ламели по 20 мм) с объемной плотностью 456 кг/м³, гибкими плитами из двух листов ГСП Гипрок Мультикомфорт толщиной по 12,5 мм и объемной плотностью 950 кг/м³ на относе 27, 50 и 75 мм с воздушным зазором (ВЗ) и звукопоглощающим материалом (ЗПМ) Роквул Акустик Баттс с объемной плотностью 45 кг/м³. Относ при исследовании состоял из металлического каркаса, собранного из направляющего профиля швеллерного сечения и стоечных профилей с шагом 600 мм, крепящихся к направляющему профилю саморезами.

Для более широкого использования данного способа повышения звукоизоляции необходимо проведение комплекса экспериментальных исследований с различными конструктивными решениями гибких плит на относе, что позволит рационально проектировать звукоизоляцию путем целенаправленного регулирования параметров гибких плит [10, 11].

Площадь исследуемой конструкции составляет 9 м² (длина 3,6 м, высота 2,5 м), что соответствует ГОСТу.

На рис. 2, 3 приведены результаты экспериментальных исследований звукоизоляции. Влияние размера воздушного зазора на звукоизоляцию и его заполнение звукопоглощающим материалом приведено в таблице. Видно, что с ростом величины зазора, как воздушного, так и заполненного звукопоглощающим материалом, звукоизоляция ограждения возрастает.

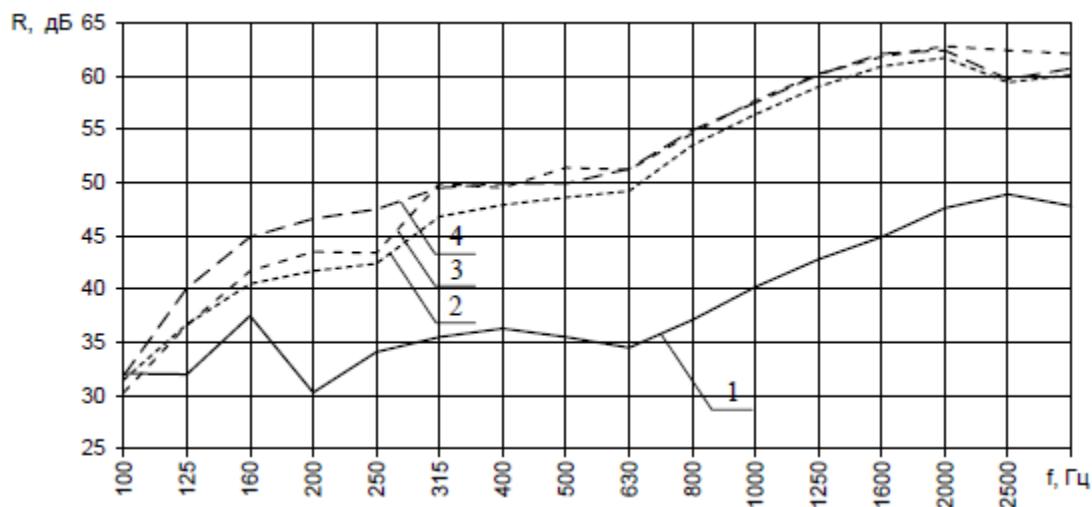


Рис. 2. Частотная характеристика звукоизоляции ограждения при основной конструкции из перекрестноклееной древесины и гибкими плитами при изменении размеров воздушного зазора: 1 – перекрестноклееная древесина толщиной 160 мм, $R_w = 41$ дБ; 2 – зазор 27 мм, $R_w = 53$ дБ; 3 – зазор 50 мм, $R_w = 55$ дБ; 4 – зазор 75 мм, $R_w = 56$ дБ

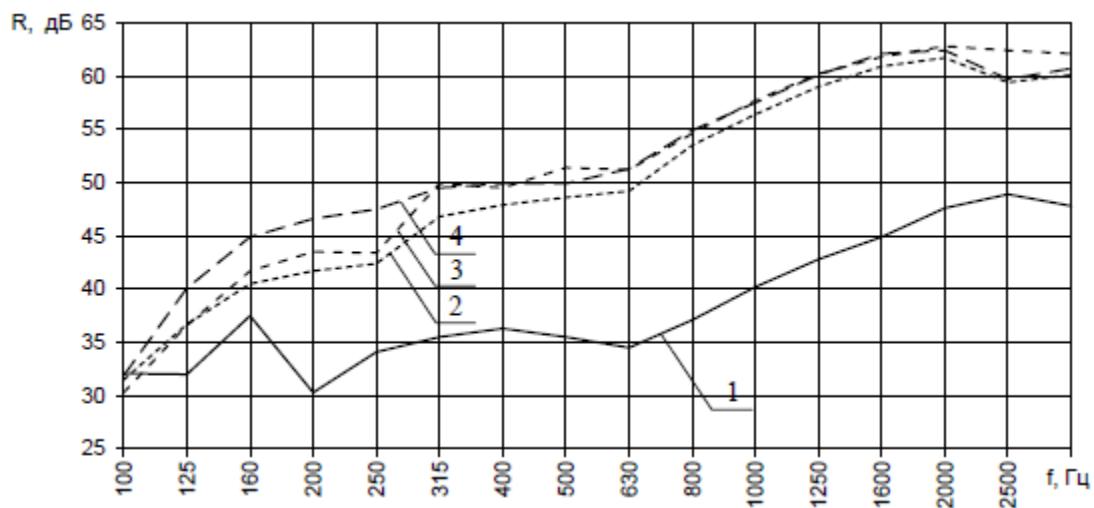


Рис. 3. Частотная характеристика звукоизоляции ограждения при основной конструкции из перекрестноклееной древесины и гибкими плитами при изменении размеров звукопоглощающего материала: 1 – перекрестноклееная древесина толщиной 160 мм, $R_w = 41$ дБ; 2 – ЗПМ 27 мм, $R_w = 56$ дБ; 3 – ЗПМ 50 мм, $R_w = 57$ дБ; 4 – ЗПМ 75 мм, $R_w = 57$ дБ

На рис. 4 приведены графики изменения дополнительной звукоизоляции в зависимости от величины воздушного зазора и его заполнения звукопоглощающим материалом.

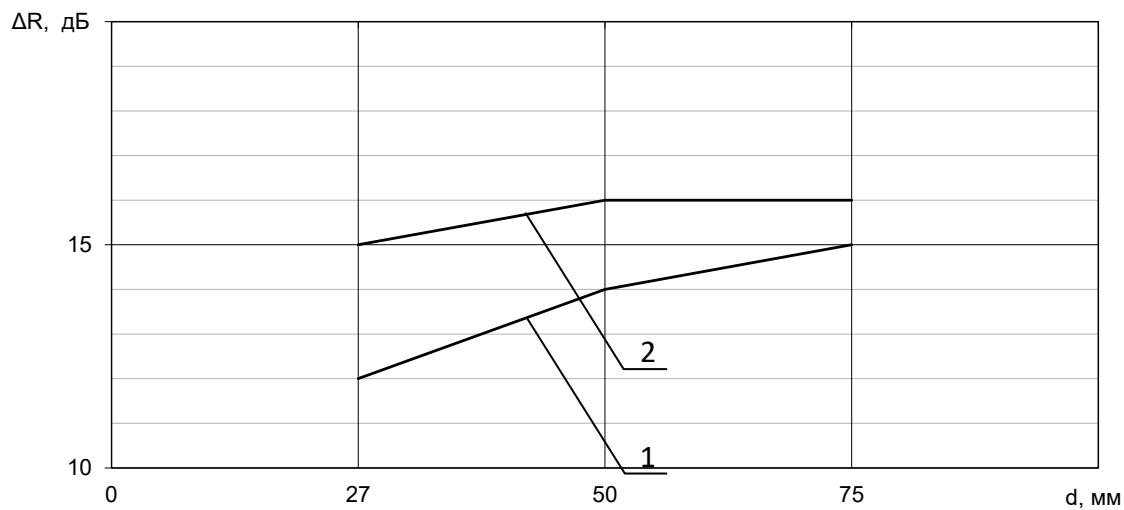


Рис. 4. Дополнительная звукоизоляция ограждений с гибкой плитой на основе при основной конструкции из перекрестноклееной древесины толщиной 160 мм: 1 – с воздушным зазором; 2 – со звукопоглощающим материалом



Таблица

Влияние размеров зазора на звукоизоляцию ограждения с гибкими плитами на относе при основной конструкции из перекрестноклееной древесины толщиной 160 мм

№ п/п	Размер зазора, мм	Вид заполнен ия зазора	Индекс изоляции воздушного шума (R_w , дБ) для конструкции с гибкими плитами на относе	Изменение индекса изоляции воздушного шума (R_w , дБ) конструкции с гибкой плитой на относе по отношению к индексу изоляции воздушного шума основной конструкции ($R_w = 41$ дБ)
1	27	ВЗ	53	12
		ЗПМ	56	15
2	50	ВЗ	55	14
		ЗПМ	57	16
3	75	ВЗ	56	15
		ЗПМ	57	16

Из анализа рис. 4 видно, что с увеличением величины воздушного зазора от 27 до 50 мм дополнительная звукоизоляция увеличивается на 2 дБ, от 50 до 75 мм – на 1 дБ. Рост дополнительной звукоизоляции замедляется.

При заполнении воздушного зазора звукопоглощающим материалом с увеличением его от 27 до 50 мм дополнительная звукоизоляция увеличивается на 1 дБ, при дальнейшем увеличении толщины звукопоглощающего материала увеличения дополнительной звукоизоляции не происходит (см. таблицу).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- Гребнев, П. А. Лабораторные исследования сверхвысокой звукоизоляции ограждений / П. А. Гребнев, Д. В. Монич // Жилищное строительство. – 2025. – № 6. – С. 17–24.
- Оценка рациональности конструктивных решений звукоизолирующих легких перегородок с торкрем-облицовками / Д. С. Кузьмин, Д. В. Монич, П. А. Гребнев, М. А. Пороженко // Жилищное строительство. – 2024. – № 6. – С. 16–20.
- Натурные экспериментальные исследования звукоизоляции легкой перегородки с фрагментированными торкрем-облицовками и акустическим разобщением слоев / Д. С. Кузьмин, Д. В. Монич, В. Н. Бобылев, П. А. Гребнев // Приволжский научный журнал / Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет. – Нижний Новгород, 2024. – № 1 (69). – С. 22–28.
- Информационное моделирование звукоизолирующих перегородок с рациональными конструктивными решениями / Е. В. Конопацкий, Д. В. Монич, М. В. Безсольнов, В. А. Вопияшин // Приволжский научный журнал / Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет. – Нижний Новгород, 2024. – № 1 (69). – С. 262–268.
- Способы повышения звукоизоляции легких перегородок с торкрем-облицовками / Д. С. Кузьмин, Д. В. Монич, П. А. Гребнев, М. А. Пороженко // Жилищное строительство. – 2023. – № 7. – С. 10–16.
- Монич, Д. В. Методология расчета звукоизоляции и разработки рациональных конструктивных решений легких ограждающих конструкций / Д. В. Монич // Приволжский научный журнал / Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет. – Нижний Новгород, 2022. – № 1 (61). – С. 52–61.
- Овсянников, С. Н. Расчет распространения звука методом СЭА с учетом



нерезонансной звукопередачи / С. Н. Овсянников // Инвестиции, градостроительство, технологии как драйверы социально-экономического развития территории и повышения качества жизни населения : материалы XV Международной научно-практической конференции. – Томск, 2025. – Часть 1. – С. 48–56.

8. Овсянников, С. Н. Статистическая энергетическая модель прохождения внешнего шума в помещения здания / С. Н. Овсянников, Т. С. Большанина // Жилищное строительство. – 2021. – № 11. – С. 34–39.

9. Овсянников, С. Н. Проблемы обеспечения теплозащиты и звукоизоляции в зданиях из древесины / С. Н. Овсянников // Инвестиции, градостроительство, технологии как драйверы социально-экономического развития территории и повышения качества жизни населения : материалы XIII Международной научно-практической конференции. – Томск, 2023. – С. 15–24.

10. Кочкин, Н. А. Исследование факторов, влияющих на звукоизоляцию существующих ограждений с дополнительной звукоизоляцией на основе с использованием слоистых вибродемптированных элементов / Н. А. Кочкин, А. В. Иванова, И. Л. Шубин, А. А. Кочкин // Строительные материалы. – 2024. – № 6. – С. 40–45.

11. Кочкин, Н. А. Исследование звукоизоляции ограждений с гибкой плитой на основе из слоистых элементов / Н. А. Кочкин, А. В. Иванова (Киряткова), И. Л. Шубин, А. А. Кочкин // Жилищное строительство. – 2023. – № 7. – С. 3–9.

12. Кочкин, А. А. Физико-технические основы проектирования звукоизоляции легких ограждающих конструкций зданий из элементов с вибродемптирующими слоями: монография / А. А. Кочкин, Н. А. Кочкин. – Вологда: ВоГУ, 2022. – 163 с.

13. Кочкин, А. А. Способы повышения звукоизоляции ограждающих конструкций зданий / А. А. Кочкин, Л. Э. Шашкова, Н. А. Кочкин, А. В. Иванова (Киряткова) // Приволжский научный журнал. – 2022. – № 1. – С. 41–51.

KOCHKIN Nikita Aleksandrovich¹, candidate of technical sciences, associate professor of the chair of industrial and civil construction; SHUBIN Igor Lyubimovich², corresponding member of RAACS, doctor of technical sciences, director; KOCHKIN Aleksandr Aleksandrovich¹, doctor of technical sciences, professor of the chair of industrial and civil construction

IMPROVING THE SOUND INSULATION OF CROSS-LAMINATED TIMBER BUILDING ENCLOSURES WITH FLEXIBLE RESILIENTLY MOUNTED BOARDS

¹Vologda State University.

15, Lenin St., Vologda, 160000, Russia.

Tel.: (8172) 51-83-96; e-mail: kochkinna@vogu35.ru

²Scientific Research Institute of Building Physics of Russian Academy of Architecture and Construction Sciences (RAACS).

21, Lokomotivny Proezd, Moscow, 127238, Russia.

Tel.: (495) 482-35-47; e-mail: niisf@niisf.ru

Key words: cross-laminated timber, flexible resiliently mounted boards, air noise insulation index, additional sound insulation.

The results of measuring the sound insulation of enclosing structures made of cross-laminated timber with flexible resiliently mounted boards in laboratory conditions are shown. The influence of the air gap size between the main structure and the flexible resiliently mounted boards, as well as its filling with sound-absorbing material, on the sound insulation performance has been noted.



REFERENCES

1. Grebnev P. A., Monich D. V. Laboratornyye issledovaniya sverkhvysokoy zvukoizolyatsii ograzhdeniy [Laboratory studies of ultra-high sound insulation of enclosures]. Zhilishchnoye stroitelstvo [Housing construction]. 2025, № 6, P. 17–24.
2. Kuzmin D. S., Monich D. V., Grebnev P. A., Porozhenko M. A. Otsenka ratsionalnosti konstruktivnykh resheniy zvukoizoliruyushchikh legkikh peregorodok s torkret-oblitsovkami [Assessment of the rationality of design solutions of sound-insulating lightweight partitions with shotcreted claddings]. Zhilishchnoye stroitelstvo [Housing construction]. 2024, № 6, P. 16–20.
3. Kuzmin D. S., Monich D. V., Bobylev V. N., Grebnev P. A. Naturnyye eksperimentalnyye issledovaniya zvukoizolyatsii legkoy peregorodki s fragmentirovannymi torkret-oblitsovkami i akusticheskim razobshcheniyem sloyev [Fullscale experimental studies of sound insulation of light partitions with shotcreted claddings and acoustic separation of layers]. Privolzhskiy nauchny zhurnal [Privolzhsky Scientific Journal]. 2024, № 1 (69), P. 22–28.
4. Konopatskiy E. V., Monich D. V., Bezsolnov M. V., Vopiyashin V. A. Informatsionnoye modelirovaniye zvukoizoliruyushchikh peregorodok s ratsionalnymi konstruktivnymi resheniyami [Information modeling of sound insulating partitions with rational design solutions]. Privolzhskiy nauchny zhurnal [Privolzhsky Scientific Journal]. 2024, № 1 (69), P. 262–268.
5. Kuzmin D. S., Monich D. V., Grebnev P. A., Porozhenko M. A. Sposoby povysheniya zvukoizolyatsii legkikh peregorodok s torkret-oblitsovkami [Ways to increase the sound insulation of light partitions with shotcrete claddings]. Zhilishchnoye stroitelstvo [Housing construction]. 2023, № 7, P. 10–16.
6. Monich D. V. Metodologiya rascheta zvukoizolyatsii i razrabotki ratsionalnykh konstruktivnykh resheniy legkikh ograzhdayushchikh konstruktsiy [Methodology for calculating sound insulation and development of rational design solutions of lightweight enclosures]. Privolzhskiy nauchnyy zhurnal [Privolzhsky Scientific Journal]. 2022, № 1 (61), P. 52–61.
7. Ovsyannikov S. N. Raschet rasprostraneniya zvuka metodom SEA s uchetom nerezonansnoy zvukoperedachi [Calculation of sound propagation by the SEA method, taking into account non-resonant sound transmission]. V sbornike: Investitsii, gradostroitelstvo, tekhnologii kak drayvery sotsialno-ekonomicheskogo razvitiya territorii i povysheniya kachestva zhizni naseleniya. Materialy XV Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. V 2 chastyakh. Tomsk, 2025, P. 48–56.
8. Ovsyannikov S. N., Bolshanina T. S. Statisticheskaya energeticheskaya model prokhozhdeniya vneshnego shuma v pomeshcheniya zdaniya [Statistical energy model of the passage of external noise into the premises of the building]. Zhilishchnoye stroitelstvo [Housing construction]. 2021, № 11, P. 34–39.
9. Ovsyannikov S. N. Problemy obespecheniya teplozashchity i zvukoizolyatsii v zdaniyakh iz drevesiny [Problems of providing thermal protection and sound insulation in buildings made of wood]. V sbornike: Investitsii, gradostroitelstvo, tekhnologii kak drayvery sotsialno-ekonomicheskogo razvitiya territorii i povysheniya kachestva zhizni naseleniya. Materialy XIII Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. Tomsk, 2023, P. 15–24.
10. Kochkin N. A., Ivanova A. V., Shubin I. L., Kochkin A. A. Issledovaniye faktorov, vliyayushchikh na zvukoizolyatsiyu sushchestvuyushchikh ograzhdeniy s dopolnitelnoy zvukoizolyatsiyey na otnose s ispolzovaniyem sloistykh vibrodempfirovannykh elementov [Study of factors influencing sound insulation existing fences with additional sound insulation at the site using layered vibration-damped elements]. Stroitelnyye materialy [Construction materials]. 2024, № 6, P. 40–45.
11. Kochkin N. A., Ivanova A. V. (Kiryatkova), Shubin I. L., Kochkin A. A. Issledovaniye zvukoizolyatsii ograzhdeniy s gibkoy plitoy na otnose iz sloistykh elementov [Studies of sound insulation of fences with a flexible slab on the offset from layered elements].



Zhilishchnoye stroitelstvo [Housing construction]. 2023, № 7, P. 3–9.

12. Kochkin A. A., Kochkin N. A. Fiziko-tehnicheskiye osnovy proyektirovaniya zvukoizolyatsii legkikh ogranichivushchikh konstruktsiy zdaniy iz elementov s vibrodempfiruyushchimi sloyami: monografiya [Physico-technical fundamentals of sound insulation design of light enclosing structures of buildings made of elements with vibration damping layers]. Vologda, VoGU, 2022, 163 p.

13. Kochkin A. A., Shashkova L. E., Kochkin N. A., Ivanova A. V. (Kiryatkova) Sposoby povysheniya zvukoizolyatsii ogranichivushchikh konstruktsiy zdaniy [Ways to increase sound insulation of enclosures of buildings]. Privolzhskiy nauchny zhurnal [Privolzhsky Scientific Journal]. 2022, № 1, P. 41–51.

© Н. А. Кочкин, И. Л. Шубин, А. А. Кочкин, 2025

Получено: 05.11.2025 г.