

УДК: 628.517.2
DOI: 10.52409/20731523_2023_4_33
EDN: DGSITN



Упрощенный метод определения положения локального источника конструкционного шума в здании при эксплуатационных условиях

А.С. Петров¹, А. И. Иванцов¹

¹Казанский государственный архитектурно-строительный университет г. Казань,
Российская Федерация

Аннотация: *Постановка задачи.* Согласно федеральному закону № 384 «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений» к зданиям предъявляются требования к защите от шума, которые реализуются посредством выполнения требований нормативной документации. При этом источниками шума традиционно выступают транспортные шумы, шум оборудования и прочие источники, положение в пространстве которых известно на этапе расчета. Характеристики шумов, возникающие в конструкциях вследствие деформации, вибрации, трения и т.п., часто не определены. Проблема локализации конструкционного шума в архитектурно-строительной практике освещены недостаточно. Известны методы локализации точечного источника шума на основе измерения задержки сигнала между микрофонами (триангуляция, трилатерация и т.п.), однако практическая реализация подобных систем может быть весьма трудозатратой и дорогостоящей. При этом применение данных методов может быть осложнено тем, что конструкционный шум может отличаться от точечного, так как возможно его распространение вдоль протяженных конструктивных элементов. В виду перечисленных проблем целью исследования является разработка и апробация метода локализации источника конструкционного шума в эксплуатационных условиях. Основные задачи исследования сформулированы следующим образом:

Задачи исследования:

1. Разработка прототипа системы мониторинга, регистрации и локализации источника конструкционного шума;
2. Разработка метода локализации шума на основе оцифровки и анализа записи звукового сигнала;
3. Апробация разработанного метода в натуральных условиях эксплуатации зданий.

Результаты. Приведены результаты исследования мониторинга шума в натуральных условиях эксплуатации здания на основе разработанного прототипа системы регистрации и локализации источника конструкционного шума. Разработан метод локализации шума на основе оцифровки и анализа записи звукового сигнала по громкости. Сформулированы достоинства и недостатки применения метода локализации источника шума по уровню громкости.

Выводы. Предложен альтернативный метод локализации источника шума в архитектурно-строительной практике, основным отличием которого является принцип определения положения источника шума по уровню громкости. Значимость полученных результатов для строительной отрасли состоит в значительном удешевлении и простоте реализации системы локализации источника шума.

Ключевые слова: шум, метод локализации, температурное расширение, солнечная радиация, оконные конструкции

Для цитирования: Петров А.С., Иванцов А. И. Упрощенный метод локализации источника шума в здании при эксплуатационных условиях// Известия КГАСУ, 2023, №4(66) , с. 33-42, DOI: 10.52409/20731523_2023_4_33, EDN: DGSITN

A simplified method for determining the location of a local source of structural noise in a building under operating conditions

A.S. Petrov¹, A. I. Ivantsov¹

¹Kazan State University of Architecture and Civil Engineering,
Kazan, Russian Federation

Abstract: *Problem statement.* According to Federal Law No. 384 “Technical Regulations on the Safety of Buildings and Structures,” buildings are subject to noise protection requirements, which are implemented by meeting the requirements of normative documentation. In this case, noise sources are traditionally transport noise, equipment noise and other sources, which position in space is known at the calculation stage. Characteristics of noise arising in structures as a result of deformation, vibration, friction, etc. are often not defined. The problem of localizing structural noise in architectural and construction practice is not sufficiently covered. There are known methods for localizing a point source of noise based on measuring the signal delay between microphones (triangulation, trilateration, etc.), however, the practical implementation of such systems can be very labor-intensive and expensive. At the same time, the use of these methods can be complicated by the fact that structural noise can differ from point noise since it can spread along extended structural elements. In view of the above problems, the purpose of the study is to develop and test a method for localizing the source of structural noise under operating conditions. The main objectives of the study are formulated in the following way.

Research objectives:

1. Development of a prototype of the system for monitoring, recording and localizing the source of structural noise;
2. Development of a noise localization method based on digitization and analysis of audio signal recordings;
3. Testing of the developed method in natural operating conditions of buildings.

Results. The results of a study of noise monitoring under natural operating conditions of a building are presented based on the developed prototype of the system for recording and localizing the source of structural noise. A noise localization method has been developed based on digitization and analysis of the sound signal recording by volume. The advantages and disadvantages of using the method of localizing a noise source by volume level are formulated.

Conclusions. An alternative method for localizing a noise source in architectural and construction practice is proposed, the main difference of which is the principle of determining the position of a noise source by volume level. The significance of the results obtained for the construction industry lies in the significant reduction in cost and ease of implementation of the noise source localization system.

Key words: noise, localization method, thermal expansion, solar radiation, window structures

For citation: Petrov A.S., Ivantsov A. I. A simplified method for determining the location of a local source of structural noise in a building under operating conditions // News KSUAE, 2023, №4(66) , p. 33-42, DOI: 10.52409/20731523_2023_4_33, EDN: DGSITN

1. Введение

Для определения координат источника шума в пространстве используют два основных метода. Первый – триангуляция – когда определяются угловые координаты источника звука относительно микрофонов на плоскости. Второй – трилатерация, когда определяют расстояние от источника звука до нескольких микрофонов. Для определения положения источника шума используется информация о временных задержках между парами микрофонов, исходя из того, что координаты каждого микрофона в пространстве известны. Точность алгоритма повышается путем увеличения числа микрофонов и расстояния между ними. Данным методам посвящено большое число работ, которые

сводятся к созданию автоматизированных систем оцифровки акустических сигналов на основе времени задержки [1–3]. При этом важно отметить, что в большинстве работ авторам [4, 5] хорошо известны характеристики источника шума, а именно – спектр и длительность, что существенно упрощает решение проблемы локализации. Так, авторы подобных исследований сами задают частоту источника звука (например, 2-3 кГц), при которой тестируют авторские системы локализации звука на этой частоте [1, 6].

В архитектурно-строительной практике зачастую исследователю не известны точные характеристики источников конструкционного шума, которые могут находиться в широком диапазоне частот. При этом природа конструкционного шума может быть различной (деформация, вибрации, трение элементов конструкций и т.д.), где источниками шума могут быть инженерные системы водоотведения, вентиляции и кондиционирования воздуха [7–9]. Более того, сама цель локализации подобных шумов сводится к определению природы источника, его характеристик и с последующим его устранением [10-12], так как необходимо выполнение требований защиты от шума согласно СП 51.13330 «Защита от шума». Большое число работ посвящено защите от шума [13–15] и его контролю [16–19], однако вопрос локализации шума авторами не рассматривается. Проблема локализации источника шума в условиях эксплуатации зданий осложняется еще и спорадичностью шумов, которые могут возникать лишь в определенное время суток или при определенных сочетаниях средовых условий. Так, например, хорошо известна проблема возникновения «щелчков» в конструкциях в связи с их температурным расширением [20], которое в свою очередь может возникнуть в периоды их облучения солнечной радиацией [21]. Другой значимой проблемой локализации источника шума является факт наличия посторонних шумов (транспорт, люди, бытовые приборы в помещении и т.п.), что может маскировать исследуемый источник шума для аппаратуры. Следует также отметить, что источник конструкционного шума может отличаться от точечного источника шума ввиду переноса звуковой волны по протяженным конструктивным элементам, что делает источник линейным. В этом случае методы, основанные на принципе задержки звукового сигнала, могут давать ошибочные результаты, так как полностью зависят от расстояния между микрофоном и точечным источником. Таким образом, основные проблемы существующих методов локализации звука сводятся к следующим:

1. Для реализации метода нужна информация о спектре и длительности конструкционного шума, которая в архитектурно-строительной практике на начальном этапе может быть не известна;
2. При наличии посторонних шумов, исследуемый источник звука может быть «замаскирован» для аппаратуры или «пропущен», что существенно осложнит локализацию, либо сделает ее невозможной;
3. В виду переноса звуковой волны по протяженным конструктивным элементам, локализация точечного источника может давать ошибочные результаты, так как основное условие метода – расстояние между микрофоном и точкой источника звука;
4. Методы могут быть достаточно дорогостоящими, так как предполагают создание комплексной системы из большого числа микрофонов, звуковой карты и автоматизированного программного обеспечения с возможностью регистрации шума с определенным спектром и длительностью.

Учитывая указанные проблемы известных методов, целью исследования является разработка и апробация нового метода локализации источника конструкционного шума в эксплуатационных условиях.

Задачи исследования:

1. Разработка прототипа системы мониторинга, регистрации и локализации источника конструкционного шума;
2. Разработка метода локализации шума на основе оцифровки и анализа записи звукового сигнала;
3. Апробация разработанного метода в натуральных условиях эксплуатации зданий.

2. Материалы и методы

Объектом исследования выбрано помещение лоджии жилого здания, где возникают громкие «щелкающие» звуки, что приводит к существенному дискомфорту жильцов. Лоджия расположена на 12 этаже многосекционного жилого дома, рисунок 1. Ориентация лоджии – Север.



Рис.1. Витраж исследуемой лоджии на предмет конструкционного шума (иллюстрация авторов)

Fig.1.Stained glass window of the loggia being examined for structural noise(illustration by the authors)

Витраж представляет собой стоечно-ригельную систему согласно серии МП-640. Светопрозрачная конструкция без терморазрыва серии МП-640 предназначена для остекления балконов и лоджий в жилых и общественных зданиях. На рисунке 2: 1 – плита перекрытия, 2, 3 и 17 – нащельник из оцинкованной стали, 4 – дюбель-гвоздь, 5 – универсальная монтажная пластина, 6 – анкер, 7 – саморасширяющаяся уплотнительная лента, 8 – герметик, 9 – монтажная пена, 10 – закладная, 11 – стойка, 12– ригель, 13 – винт, 14 – штапик, 15 и 16 – уплотнитель.

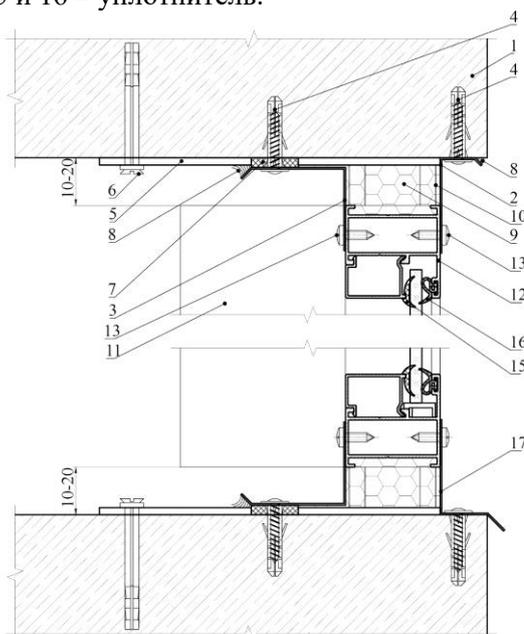


Рис. 2. Примыкание витража при установке в проем между плитами перекрытия (каталог витражных конструкций системы Татпроф)

Fig. 2. Joining a stained glass window when installed in an opening between floor slabs(catalog of stained glass structures of the Tatprof system)

Светопрозрачные конструкции МП-640 (многоячеистые конструкции из рамочных элементов) выполняются по стоечно-ригельному принципу. Стойки и ригели соединяются между собой с помощью «Г»-соединителей и винтов (в виде литых деталей или закладных из экструдированного профиля). Стойки имеют встроенный элемент для навесного монтажа, позволяющий крепить конструкцию через монтажные узлы непосредственно к перекрытиям и подразделяются по исполнению на угловые, крайние и промежуточные.

Предметом исследования является акустический эффект (щелчки), который возникает в теплый период года в утренние часы. Локализация источника шума и его характеристики на начальном этапе не известны. В качестве предварительного предположения природа акустического эффекта щелчков может быть вызвана температурным расширением элементов конструкции витража лоджии в связи с облучением солнечной радиацией.

Разработанная система мониторинга регистрации и локализации источника конструкционного шума представляет собой набор миниатюрных автоматизированных диктофонов, которые закреплены непосредственно на элементах конструкции. Запись ведется на каждый диктофон в отдельности. Расположение диктофонов сводится к формированию решетки с полным охватом зоны с предполагаемым источником шума. Использование диктофонов вместо микрофонов обусловлено отсутствием необходимости использовать специализированные записывающие устройства и компьютер в период натурных измерений, при этом не требует разработки систем коммутации сигнала от микрофонов к записывающему устройству.

Сущность метода локализации источника шума заключается в сравнительном анализе уровня громкости (дБ) записанного шума каждым из диктофонов в любом доступном программном комплексе обработки звуковых файлов. Положение источника шума определяется в зоне с наибольшим уровнем громкости. Таким образом, принципиальным отличием предлагаемого метода локализации шума является использование амплитудной характеристики звуковых сигналов вместо длительности задержки между ними. Принципиальное решение автоматизации расчета расстояния до источника шума может быть основано на известной закономерности снижения уровня громкости с расстоянием и выражается уравнением :

$$L_p = L_w - \log r - 11, \text{ дБ}, \text{ дБ} \quad (1)$$

где L_p – уровень давления звука в источнике, дБ; L_w – уровень давления звука на записи диктофона, дБ.

Таким образом расстояние до источника шума r может быть выражено как:

$$r = 10^{L_w - L_p - 11}, \text{ м} \quad (2)$$

Если имеется уровень звукового давления (L_{p1}), замеренный на определенном расстоянии (r_1) от источника, и требуется определить уровень звукового давления (L_{p2}) на другом расстоянии (r_2), то применяется следующее уравнение:

$$L_{p2} = L_{p1} - 20 \cdot \log \frac{r_2}{r_1}, \text{ дБ} \quad (3)$$

Из уравнения 2 очевидно, что точность определения расстояния зависит от погрешности измерений уровней громкости диктофонов. Погрешность величины L_w даже в 1 дБ даст ошибку в расстоянии в 10 раз соответственно. С целью снижения погрешности перед испытанием предлагается использовать стандартный звуковой сигнал с известной громкостью. По данному звуковому сигналу на этапе обработки звуковых дорожек вносится поправка на требуемый уровень громкости, что существенно снижает погрешность результатов расчета. Точность вычислений повысится также при увеличении разницы $L_p - L_w$, что предполагает использование большего числа диктофонов на достаточном удалении друг от друга. Сетка микрофонов показана на фотофиксации прототипа, рисунок 3.

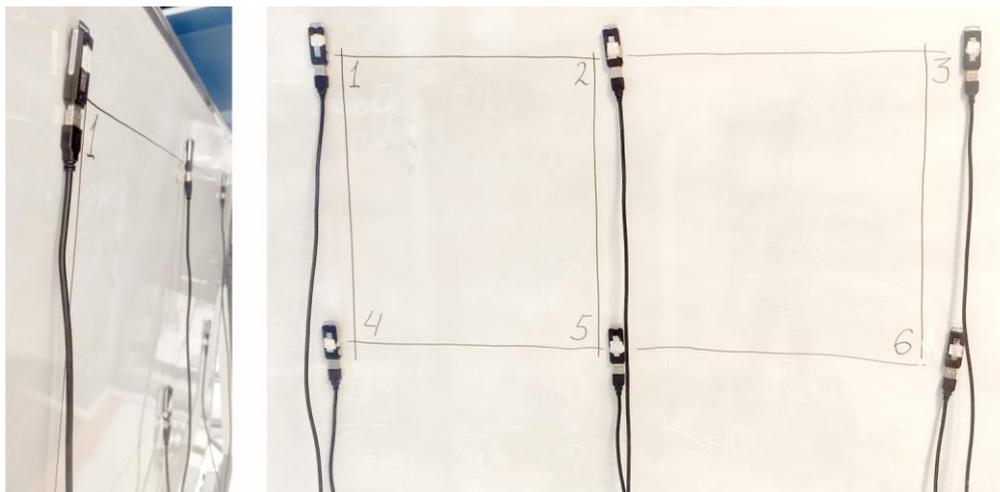


Рис. 3. Прототип сетки диктофонов (иллюстрация авторов)

Fig. 3. Voice recorder grid prototype (illustration by the authors)

3. Результаты и обсуждение

Натурные испытания проводились с 5 июля 2023 года в период с 16:00 до 7 июля 8:00. В данный календарный период сохранялась ясная погода с преобладанием солнечного сияния, что позволило произвести запись шума в момент температурного расширения витражной конструкции. На первом этапе с целью выявления локализации шумовых эффектов витражной системы (щелчков) на стойки витража были закреплены указанные диктофоны для непрерывной записи звука. Схема расположения диктофонов представлена на схеме, рисунок 4.

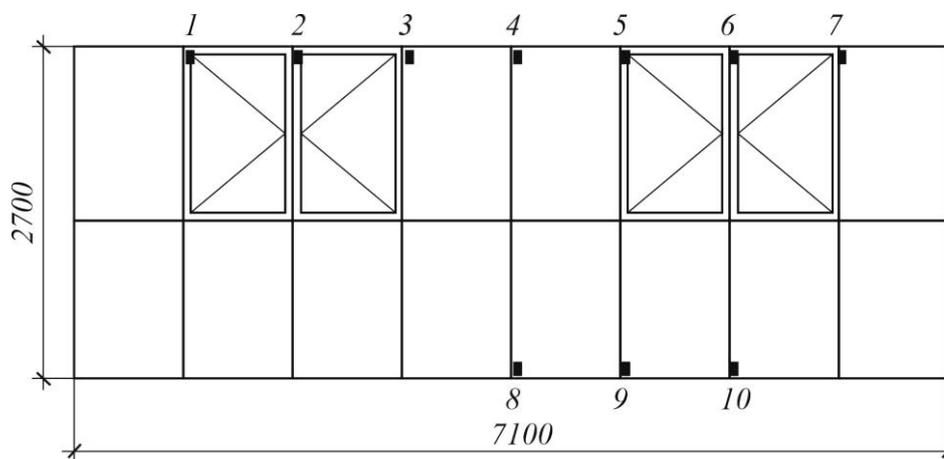


Рис. 4. Схема расстановки диктофонов (вид изнутри) (иллюстрация авторов)

Fig. 4. Voice recorder placement diagram (inside view (illustration by the authors))

На рисунке 5 приведены результаты акустических измерений, обработанные в программе Audacity. Из анализа звуковых дорожек можно видеть, что один и тот же звук щелчка, записанный на разные диктофоны, имеет разный уровень громкости. По логарифмической шкале (dB) видно, что наибольшей амплитудой обладают 5-ый и 9-ый аудио сигнал, что соответствует верхней и нижней области пятой стойки витража.

На втором этапе сетка диктофонов смещалась ближе к источнику шума, после чего натурное испытание записи звука повторялось. Обработка сигнала по аналогии с первым этапом позволила локализовать источник шума, которым оказался конструктивный элемент штапика. Неплотное примыкание штапика к поверхности стекла приводило к его подвижности, и таким образом при температурном расширении происходила его выгибание с характерным щелкающим звуком. В качестве рекомендации по исключению шумового эффекта предложена замена уплотнителей между штапиком и стеклом, а также жесткое крепление штапиков с исключением их подвижности.

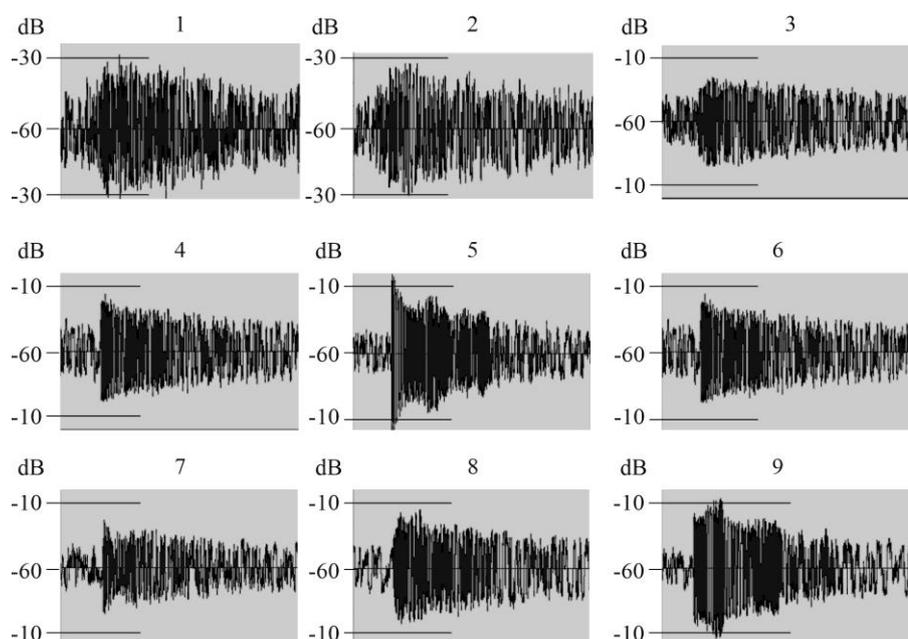


Рис. 5. Амплитудная характеристика аудио семплов (иллюстрация авторов)

Fig. 5. Amplitude characteristic of audio samples (illustration by the authors)

Результаты натурных испытаний показывают, что предложенная система и метод локализации конструкционного шума позволяет достаточно быстро определять положение источника шума в эксплуатационных условиях. Основными достоинствами метода являются:

1. Низкая себестоимость, так как метод требует наличие диктофонов и компьютера для обработки звуковых дорожек на свободном программном обеспечении.
2. Локализация источника шума с различной степенью точности при изменении размеров решетки установки датчиков.
3. Получение информации о времени возникновения и длительности конструкционного шума;
4. Наличие посторонних шумов в моменты натурных испытаний не являются критическими, так как могут быть дифференцированы и исключены оператором на этапе анализа звукозаписи.

Недостатки предложенного метода заключаются в следующем:

1. Необходимость постепенного итерационного сокращения ячеек сетки диктофонов с целью увеличения точности локализации источника шума, что увеличивает время проведения исследования.
2. Необходимость субъективной оценки записанного акустического сигнала с целью отсека лишнего внешнего шума, не относящихся к оцениваемой конструкции.
3. Невозможность точной дифференциации локализации нескольких источников шума с разной громкостью

4. Заключение

1. Разработан прототип системы мониторинга, регистрации и локализации источника конструкционного шума, основанный на группе звукозаписывающих устройств-диктофонов.
2. Разработан метод локализации шума на основе оцифровки и анализа записи звукового сигнала по громкости.
3. Разработанный метод апробирован в натурных условиях эксплуатации зданий. Произведена локализация акустического эффекта (щелчки) на витражной конструкции остекленного балкона, предложено решение по устранению мешающего акустического эффекта.

Список литературы/References

1. Гусев, А. Е. Пространственная локализация источника звука с использованием микрофонных решёток / А. Е. Гусев, О. Е. Бизин, Д. А. Токарев // Перспективные технологии в средствах передачи информации - ПТСПИ-2017 : Материалы 12-ой международной научно-технической конференции, в 2-х томах, Суздаль, 05–07 июля 2017 года. Том 1. – Суздаль: Владимирский государственный университет им. Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых, 2017. – С. 204-206. – EDN YHMGOA[Gusev, A. E. Spatial localization of a sound source using microphone arrays / A. E. Gusev, O. E. Bizin, D. A. Tokarev // Advanced technologies in information transmission media - PTSPI-2017: Materials 12-th international scientific and technical conference, in 2 volumes, Suzdal, July 05–07, 2017. Volume 1. – Suzdal: Vladimir State University. Alexander Grigorievich and Nikolai Grigorievich Stoletov, 2017. – P. 204-206.].
2. Гусев, А. Е. Разработка сенсора на основе микрофонной решётки для локализации источника звука / А. Е. Гусев // DSPA: Вопросы применения цифровой обработки сигналов. – 2017. – Т. 7, № 4. – С. 35-39. – EDN VDFKMN [Gusev, A. E. Development of a sensor based on a microphone array for localizing a sound source / A. E. Gusev // DSPA: The issues of applying of digital signal processing. – 2017. – V. 7, No. 4. – P. 35-39.].
3. Kelei Wen, Ye Tian, Zhiyan Dong, Mixed source localization considering mutual coupling and unknown nonuniform noise under exact spatial geometry, Signal Processing, Volume 210, 2023, 109066, ISSN 0165-1684, <https://doi.org/10.1016/j.sigpro.2023.109066>.
4. Yusun Shul, Seonbin Lim, Semin Moon, No-Cheol Park, Localization of rattle noise sources in the vehicle underbody using acceleration signals, Mechanical Systems and Signal Processing, Volume 166, 2022, 108447, ISSN 0888-3270, <https://doi.org/10.1016/j.ymssp.2021.108447>
5. J. Prezelj, L. Čurović, T. Novaković, J. Murovec, A novel approach to localization of environmental noise sources: Sub-windowing for time domain beamforming, Applied Acoustics, Volume 195, 2022, 108836, ISSN 0003-682X, <https://doi.org/10.1016/j.apacoust.2022.108836>.
6. Чифранов, Г. Н. Локализация источника звука на основе распределенных акустических сенсоров / Г. Н. Чифранов // Прикладная электродинамика, фотоника и живые системы - 2021: VIII Молодежная международная научно-техническая конференция молодых ученых, аспирантов и студентов, Казань, 08–10 апреля 2021 года. – Казань: ИПСагиева А.Р., 2021. – С. 182-183. – EDNXLDQIT [Chifranov, G. N. Localization of a sound source based on distributed acoustic sensors / G. N. Chifranov // Applied electrodynamics, photonics and living systems - 2021: VIII Youth International Scientific and Technical Conference of Young Scientists, Postgraduates and Students, Kazan, April 08–10, 2021. – Kazan: IP Sagieva A.R., 2021. – P. 182-183].
7. Petrov, A. Design and calculation of the internal roof drain system structure in terms of thermal protection and moisture condensation / A. Petrov, A. Ivantsov // IOP conference series: Materials Science and Engineering, Kazan, 29 April – 15 May, 2020. Vol. 890. – Kazan, Russia: IOP Science, 2020. – P. 012141. – DOI 10.1088/1757-899X/890/1/012141. – EDN ZBWCMR.
8. А. М. Зиганшин, К. Э. Батрова, Г. А. Гимадиева [и др.] Повышение энергоэффективности систем вентиляции посредством профилирования фасонных элементов // Строительство и техногенная безопасность. – 2019. – № 15(67). – С. 111-123. – EDN IIFIGJ [A. M. Ziganshin, K. E. Batrova, G. A. Gimadieva [etal.] Increasing the energy efficiency of ventilation systems by profiling shaped elements // Construction and industrial safety. – 2019. – No. 15(67). – P. 111-123].
9. А. С. Плотников, Т. С. Жилина, К. В. Афонин, А. А. Сайфуллин. Исследование структурного шума при применении нескольких контуров плавающего пола в крышных котельных // Noise Theory and Practice. – 2021. – Т. 7, № 2(24). – С. 93-102. – EDN TVTOCL [A. S. Plotnikov, T. S. Zhilina, K. V. Afonin, A. A. Sayfullin.

- Study of structural noise when using several floating floor circuits in roof boiler rooms // *Noise Theory and Practice*. – 2021. – V. 7, No. 2(24). – P. 93-102].
10. И. Е. Цукерников, И. Л. Шубин, Н. Е. Щурова, Т. О. Невенчанная. Оценка уровней структурного шума, создаваемого в помещениях верхнего этажа высотного здания колебаниями установленного на кровле шпиля // *Academia. Архитектура и строительство*. – 2009. – № 5. – С. 231-236. – EDN LMLANN [I. E. Tsukernikov, I. L. Shubin, N. E. Shchurova, T. O. Nevenchannaya. Assessment of the levels of structural noise created in the premises of the upper floor of a high-rise building by vibrations of a spire installed on the roof // *Academia. Architecture and construction*. – 2009. – No. 5. – P. 231-236.].
 11. М. Ю. Владимиров, О. И. Клименкова, Н. К. Калашникова, И. П. Чеботарев. Структурный шум от насосов отопления и проблемы его снижения в жилых и общественных зданиях // *Строительство и техногенная безопасность*. – 2016. – № 4(56). – С. 87-91. – EDN WWURML [M. Yu. Vladimirov, O. I. Klimenkova, N. K. Kalashnikova, I. P. Chebotarev. Structural noise from heating pumps and problems of its reduction in residential and public buildings // *Construction and industrial safety*. – 2016. – No. 4(56). – P. 87-91].
 12. O. Flodén, A. Peplow, P. Persson, Predicting structure-borne noise in cross-laminated timber buildings during conceptual design, *Finite Elements in Analysis and Design*, Volume 225, 2023, 104005, ISSN 0168-874X, <https://doi.org/10.1016/j.finel.2023.104005>.
 13. Перекрест, Д. И. Оперативные карты шума аудиторий учебных заведений и оценка шума на рабочих местах / Д. И. Перекрест // *Наука, техника, промышленное производство: история, современное состояние, перспективы: Материалы региональной научно-практической конференции студентов и аспирантов, Владивосток, 08–28 декабря 2020 года*. – Владивосток: Дальневосточный федеральный университет, 2021. – С. 364-368. – EDN RWEJTY [Perekrest, D. I. Operational noise maps of classrooms of educational institutions and noise assessment in workplaces / D. I. Perekrest // *Science, technology, industrial production: history, current state, prospects: Materials of the regional scientific-practical conference of students and graduate students, Vladivostok, December 08–28, 2020*. – Vladivostok: Far Eastern Federal University, 2021. – P. 364-368.].
 14. Л. Н. Петрянина, Е. А. Халанская, А. А. Кузькин. Совершенствование мероприятий защиты от шума в градостроительном проектировании с целью снижения акустического дискомфорта жилых районов // *Образование и наука в современном мире. Инновации*. – 2022. – № 1(38). – С. 167-173. – EDN ZHRQOQ [L. N. Petryanina, E. A. Khalanskaya, A. A. Kuzkin. Improving noise protection measures in urban planning to reduce acoustic discomfort in residential areas // *Education and science in the modern world. Innovations*. – 2022. – No. 1(38). – P. 167-173.].
 15. Геппель, С. А. Защита жилых зданий от внешних источников шума специальными шумозащитными конструкциями // *Инженерный вестник Дона*. – 2021. – № 12(84). – С. 382-391. – EDN QIUAFZ [Geppel, S. A. Protection of residential buildings from external noise sources with special noise-protective structures // *Inzhenernyy vestnik Dona*. – 2021. – No. 12(84). – P. 382-391.].
 16. Бояров, Е. В. Исследование защиты от воздействия шума автомобильного транспорта // *Наука, техника, промышленное производство: история, современное состояние, перспективы: Материалы региональной научно-практической конференции студентов и аспирантов, Владивосток, 08–28 декабря 2020 года*. – Владивосток: Дальневосточный федеральный университет, 2021. – С. 338-340. – EDN MDDGZC [Boyarov, E. V. Study of protection from the effects of noise from road transport // *Science, technology, industrial production: history, current state, prospects: Materials of the regional scientific and practical conference of students and graduate students, Vladivostok, 08 –December 28, 2020*. – Vladivostok: Far Eastern Federal University, 2021. – P. 338-340.].
 17. А. Н. Чашинский, И. А. Богданов. Защита от производственного шума в строительстве // *Актуальные вопросы механизации сельскохозяйственного*

- производства : материалы международной научной конференции студентов и магистрантов, Горки, 15–16 марта 2023 года / Министерство сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь, Главное управление образования, науки и кадровой политики, Белорусская государственная орденов Октябрьской Революции и Трудового Красного Знамени сельскохозяйственная академия. – Горки: Белорусская государственная сельскохозяйственная академия, 2023. – С. 194-197. – EDN SZUMIW [A. N. Chashinsky, I. A. Bogdanov. Protection from industrial noise in construction // Current issues of mechanization of agricultural production: materials of the international scientific conference of students and undergraduates, Gorki, March 15–16, 2023 / Ministry of Agriculture and Food of the Republic of Belarus, Main Directorate of Education, Science and Personnel Policy, Belarusian State Orders of the October Revolution and the Red Banner of Labor Agricultural Academy. – Gorki: Belarusian State Agricultural Academy, 2023. – P. 194-197.].
18. Омаров, А. О. Инновационные методы защиты зданий и сооружений от шума // Неделя науки - 2023: Сборник материалов 44 итоговой научно-технической конференции преподавателей, сотрудников, аспирантов и студентов ДГТУ, Махачкала, 17–29 апреля 2023 года. – Махачкала: Дагестанский государственный технический университет, 2023. – С. 297-298. – EDN ККМКWU [Omarov, A. O. Innovative methods of protecting buildings and structures from noise // Nedelya nauki - 2023: Collection of materials of the 44th final scientific and technical conference of teachers, staff, graduate students and students of DSTU, Makhachkala, April 17–29, 2023. – Makhachkala: Dagestan State Technical University, 2023. – P. 297-298.].
19. В. Л. Мурзинов, П. В. Мурзинов Звукоподавляющие панели для защиты от шума на путях его распространения // Безопасность труда в промышленности. – 2018. – № 2. – С. 5-11. – DOI 10.24000/0409-2961-2018-2-5-11. – EDN YNZETO [V. L. Murzinov, P. V. Murzinov Sound-suppressing panels for protection against noise along the paths of its propagation // Labour safety in industry. – 2018. – No. 2. – P. 5-11].
20. I. S. Aksenov, A. P. Konstantinov. Temperature Deformations of PVC Window Profiles with Reinforcement // International Journal for Computational Civil and Structural Engineering. – 2022. – Vol. 18, No. 2. – P. 98-111. – DOI 10.22337/2587-9618-2022-18-2-98-111. – EDN PSKLLH.
21. А. И. Иванцов, В. Н. Куприянов. Температурный режим поверхности ограждающих конструкций зданий в климатических условиях РФ // Биосферная совместимость: человек, регион, технологии. – 2017. – № 3(19). – С. 44-50. – EDNZSMCKH [A. I. Ivantsov, V. N. Kupriyanov. Temperature regime of the surface of building envelopes in the climatic conditions of the Russian Federation // Biosphere compatibility: people, region, technologies. – 2017. – No. 3(19). – P. 44-50.].

Информация об авторах

Артем Сергеевич Петров, кандидат технических наук, доцент, Казанский государственный архитектурно-строительный университет, г. Казань, Российская Федерация

E-mail: ruarty@mail.ru

Алексей Игоревич Иванцов, кандидат технических наук, доцент, Казанский государственный архитектурно-строительный университет, г. Казань, Российская Федерация

E-mail: ivantsov.arch@mail.ru

Information about the authors

Artem S. Petrov, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Kazan State University of Architecture and Engineering, Kazan, Russian Federation

E-mail: ruarty@mail.ru

Aleksey I. Ivantsov, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Kazan State University of Architecture and Engineering, Kazan, Russian Federation

E-mail: ivantsov.arch@mail.ru