

Методы выбора эффективных технологических и организационных решений по разборке и устройству чердачных крыш, а также предло-

жения по устройству взлетно-посадочных вертолетных площадок будут рассмотрены в следующих публикациях.

Список литературы

1. Купчикова Н. В. Экспериментальные исследования с ложными ограничениями при разработке способа введения инъекционной сваи / Н. В. Купчикова, Р. И. Шаяхмедов // Инженерно-строительный вестник Прикаспия. – 2020. – № 3. – С. 58–62.
2. Мангушев Р. А. Геотехника Санкт-Петербурга. Опыт строительства на слабых грунтах : монография / Р. А. Мангушев, А. И. Осокин, С. Н. Сотников. – Москва : АСВ, 2018. – 386 с.
3. Gaido A. Rationale for method of earthworks and foundation works during reconstruction / A. Gaido, S. Evtuykov // Contemporary Problems of Architecture and Construction : Proceedings of the 12th International Conference, ICCPAC, 25-26 November 2020, Saint Petersburg. – Saint Petersburg, 2021. – Issue 12. – С. 31–36.
4. Купчикова Н. В. Особенности проектирования взлетно-посадочных площадок для вертолетов на крышах зданий // Н. В. Купчикова, В. В. Куликов // Потенциал интеллектуально одаренной молодежи – развитию науки и образования : материалы VII Международного научного форума молодых ученых, инноваторов, студентов и школьников / под общ. ред. Д. П. Ануфриева. – Астрахань : Астраханский государственный архитектурно-строительный университет, 2018. – С. 47–54.
5. Лapidус А. А. Организация работ по обследованию зданий и сооружений / А. А. Лapidус, Д. В. Топчий // Промышленное и гражданское строительство. – 2023. – № 3. – С. 12–15.
6. Золина Т. В. Порядок проведения обследований здания с целью последующей оценки его остаточного ресурса / Т. В. Золина. – Вестник Московского государственного строительного университета. – 2014. – № 11. – С. 98–108.
7. Тупицына Д. С. Анализ оценки категорий технического состояния строительных конструкций // Д. С. Тупицына, А. Х. Байбурун // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Строительство и архитектура. – 2021. – Т. 21, № 1. – С. 75–84.
8. Катасев А. С. Методы и алгоритмы формирования нечетких моделей оценки состояния объектов в условиях неопределенности / А. С. Катасев // Вестник технологического университета. – 2019. – Т. 22, № 3. – С. 138–147.
9. Birjukov A. Determination of the type of repair work based on the results of survey and monitoring of the technical condition of buildings / A. Birjukov, A. Lebedkin, Y. Birjukov, V. Pchelkin // E3S Web of Conferences. Key Trends in Transportation Innovation, KTTI. – 2020. – Issue 157. – P. 06023.
10. Тилинин Ю. И. Выбор технологических способов усиления бутовых фундаментов и кирпичных стен при реконструкции старых зданий Санкт-Петербурга / Ю. И. Тилинин // Инженерно-строительный вестник Прикаспия. – 2024. – № 3 (49). – С. 18–24.
11. Шрейбер К. А. Организационно-технологическая подготовка мероприятий по обеспечению надежности зданий / К. А. Шрейбер, К. К. Шрейбер // Промышленное и гражданское строительство. – 2020. – № 3. – С. 42–46. – DOI: 10.33622/0869-7019.2020.03.42-46.2.

© Ю. И. Тилинин

Ссылка для цитирования:

Тилинин Ю. И. Оценка пригодности старых зданий к реконструкции с последующим формированием технологических и организационных решений // Инженерно-строительный вестник Прикаспия : научно-технический журнал / Астраханский государственный архитектурно-строительный университет. Астрахань : ГБОУ АО ВО «АГАСУ», 2024. № 4 (50). С. 53–59.

УДК 628.517.2

DOI 10.52684/2312-3702-2024-50-4-59-64

АНАЛИЗ ФАКТОРОВ ШУМОВОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ И ЗАЩИТА ОТ ШУМА В МЕГАПОЛИСАХ

С. В. Корниенко, П. В. Синькевич, Г. Г. Синькевич

Корниенко Сергей Валерьевич, доктор технических наук, советник РААСН, ведущий научный сотрудник ЦНИИП Минстроя России, заведующий кафедрой «Архитектура зданий и сооружений», Волгоградский государственный технический университет, г. Волгоград, Российская Федерация; e-mail: skorn73@mail.ru;

Синькевич Полина Валерьевна, старший преподаватель кафедры «Архитектура зданий и сооружений», Волгоградский государственный технический университет, г. Волгоград, Российская Федерация; e-mail: polina_anikin@mail.ru;

Синькевич Георг Георгиевич, аспирант, Волгоградский государственный технический университет, г. Волгоград, Российская Федерация; e-mail: ragnar25071990@mail.ru

Доказано, что стремительный рост городского населения приведет к значительному шумовому загрязнению урбанизированных территорий, что актуализирует проблему защиты от шума и необходимость создания комфортной безопасной городской среды. Раскрыты основные факторы шумового загрязнения урбанизированных территорий. Показано, что главным источником загрязнения мегаполисов является транспортный



шум. На основе новой концепции «город как единая акустическая система» систематизированы меры по снижению уровня шума городского транспорта: в источнике, на пути распространения, в зданиях. С целью повышения эффективности мероприятий по снижению шума в городской среде намечены главные преимущества интегрирования в городскую среду альтернативных транспортных средств нового поколения: гибридных, электробусов и на водородном топливе.

Ключевые слова: шум, шумовое загрязнение, защита от шума, мегаполис, городской транспорт, урбанизация, транспортный поток.

ANALYSIS OF NOISE POLLUTION FACTORS AND PROTECTION AGAINST NOISE IN MEGACITIES

S. V. Korniyenko, P. V. Sinkevich, G. G. Sinkevich

Korniyenko Sergey Valeryevich, Doctor of Technical Sciences, Advisor to the Russian Academy of Sciences, Leading Researcher at the Central Research Institute of the Ministry of Construction of the Russian Federation, Head of Architecture of Buildings and Structures Department, Volgograd State Technical University, Volgograd, Russian Federation; e-mail: skorn73@mail.ru;

Sinkevich Polina Valeryevna, Senior Lecturer of Architecture of Buildings and Structures Department, Volgograd State Technical University, Volgograd, Russian Federation; e-mail: polina_anikin@mail.ru;

Sinkevich Georg Georgiyevich, postgraduate student, Volgograd State Technical University, Volgograd, Russian Federation; e-mail: ragnar25071990@mail.ru

It is proved that the rapid growth of the urban population will lead to significant noise pollution of urbanized territories, which actualizes the problem of noise protection and creating a comfortable safe urban environment. The main factors of noise pollution of urbanized territories are revealed. It is shown that the main source of noise pollution in megacities is traffic noise. Based on the new concept "the city as a single acoustic system", measures to reduce the noise level of urban transport are systematized: in the source of noise, in the path of noise propagation, in buildings. In order to increase the effectiveness of noise reduction measures in the urban environment, the main advantages of integrating alternative vehicles of a new generation into the urban environment are outlined: hybrid vehicles, electric buses and hydrogen-fueled vehicles.

Keywords: noise, noise pollution, noise protection, megacities, urban transport, urbanization, traffic flow.

Введение

Восприятие звука оказывает большое влияние на общее состояние организма человека. Звук связывает людей с окружающей средой и позволяет им общаться друг с другом. Слух является наиболее чувствительным и важным механизмом, предупреждающим об опасности. Защита от шума – одна из главных проблем в мегаполисах, поскольку превышение допустимых уровней шума существенно снижает качество жизни людей. Воздействуя на человека, шум вызывает нервозность, приводит к нарушению сна, снижает работоспособность. Шум повышает артериальное давление, ухудшает работу пищеварительной системы, вызывает хроническую усталость. При длительном воздействии с уровнем выше 80 дБ шум вызывает глухоту. По данным Всемирной организации здравоохранения 1,3 млрд человек имеют повреждение слуха из-за шумового воздействия.

Урбанизация усиливает негативное воздействие шума на человека. Сегодня около половины мирового населения живет в городах. Ожидается, что число горожан к 2050 году возрастет до 75 %. Примерно треть населения развитых стран живут в условиях недопустимого уровня шума. В развивающихся странах негативное воздействие данного раздражителя еще больше, что связано с использованием устаревших типов двигателей, дизельных транспортных средств (ТС) и мотоциклов с высоким уровнем шума (90–100 дБ). Согласно статистическим данным, повышение уровня шума на 10 дБ уве-

личивает риск сердечно-сосудистых заболеваний на 17 %. Воздействие шума от автомобильного, железнодорожного и воздушного транспорта неблагоприятно сказывается на обучении и развитии детей.

Актуальность темы исследования обусловлена стремительным ростом городского населения, приводящим к значительному шумовому загрязнению урбанизированных территорий. Главной задачей является поиск эффективных способов защиты от шума с целью создания комфортной безопасной городской среды. Для решения поставленной задачи нами были изучены материалы литературных источников [1–7], а также действующие стандарты [8, 9], на основании которых раскрыты основные факторы шумового загрязнения урбанизированных территорий и систематизированы меры по снижению уровня шума городского транспорта.

Теоретическая база

Источники шума городского транспорта и шумовые карты

Главным источником шумового загрязнения мегаполисов является транспортный шум. Доля автомобильного транспорта составляет около 65 % в общем объеме транспортного шума. По оценкам Международной комиссии по акустике (ICA) в Европе около 125 млн человек подвергаются воздействию шума дорожного движения более 55 дБ.

Основными источниками транспортного шума являются двигатели, трение колес о дорожное покрытие, выхлопные системы.

При увеличении скорости ТС уровень шума возрастает. В городских районах, где скорость ТС составляет 30–50 км/ч, шум от работы двигателей имеет преобладающее значение, в то время как на высокоскоростных трассах указанный источник может не учитываться.

Анализ шумовых характеристик городского транспорта показывает (табл. 1), что максимальный уровень звука имеет метрополитен, минимальный уровень – характерен для электробусов.

Таблица 1
Уровень звука источников городского транспорта (справочные данные)

Источник шума	Уровень звука, дБА
Электробус (30 км/ч)	64
Троллейбус	60–65
Дизельный автобус	68–73
Трамвай	82 (макс.)
Автомобиль (90 км/ч)	82–87
Метрополитен	98–103

Оценку акустического загрязнения урбанизированных территорий удобно производить с помощью шумовых карт. Карта шума представляет собой графическое изображение интервального распределения уровня шума в заданной пространственной области за определенный период. Для измерения или расчета шума следует определить сетку приемников звука. После получения результатов с помощью инструментов географической информационной системы (ГИС) необходимо выполнить пространственную интерполяцию, чтобы получить непрерывное графическое представление уровней шума. Шумовые карты особенно полезны для поиска загрязненных территорий, оценки количества людей, подвергшихся воздействию шума, определения степени шумового загрязнения фасадов зданий.

Траектории снижения шума городского транспорта

Акустическое качество городской среды зависит от трех основных аспектов: шума в помещениях, внешней оболочки здания, городского микроклимата. Эти аспекты взаимосвязаны, поэтому город необходимо рассматривать как единую акустическую систему [10–12].

Существует три основные группы мер по снижению уровня шума городского транспорта:

- снижение шума в источнике;
- уменьшение распространяющегося шума;
- защита от внешнего шума в зданиях (*in situ*).

Рассмотрим более подробно указанные меры защиты от шума.

Снижение шума в источнике. Высокие уровни шума возникают в результате конструктивных особенностей транспортного средства и его взаимодействия с дорожным покрытием.

Меры по улучшению конструкции ТС направлены на снижение шума, производимого двигателями, механизмами передачи, выхлопными системами и т. д. Производство транспортного средства должно соответствовать требованиям, установленным в действующих стандартах.

Снижение шума, образуемого при взаимодействии колес с дорожным покрытием, может быть достигнуто за счет [13–15]:

- снижения скорости движения потока ТС;
- выбора типа дорожного покрытия;
- содержания дорог и транспортного средства;
- управления транспортным потоком;
- поведением водителей и введением ограничений.

Снижение скорости. Уровень шума транспортного потока может быть снижен путем ограничения скорости движения ТС. Эта мера повышает безопасность дорожного движения. Снижение скорости движения транспортного средства в два раза приводит к уменьшению уровня шума на 6–8 дБ (рис. 1).

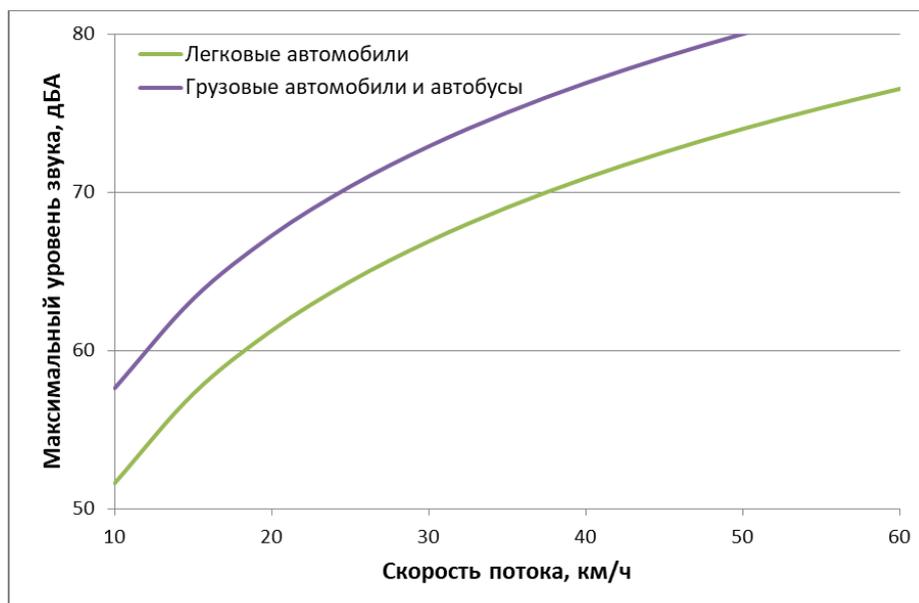


Рис. 1. Влияние скорости движения транспортного потока на максимальный уровень звука (расчет по [8])

Дорожное покрытие. Дорожные покрытия, выполненные из материалов с открытой капиллярно-пористой структурой (пористый асфальт, резиновые асфальтовые смеси), не только снижают уровень шума вследствие эффекта звукопоглощения, но и обеспечивают лучшее сцепление шин, повышая безопасность вождения. Такие покрытия снижают уровень шума на 4–6 дБ. Однако они требуют комплексного технического обслуживания и не всегда могут обеспечить морозостойкость дорог в результате циклического замерзания и оттаивания влаги в порах материалов.

Содержание дорог и ТС. Надлежащее техническое обслуживание дорог снижает динамическое воздействие транспортного средства на дорогу, уменьшая уровень шума. Плохое содержание дорог приводит к значительному росту

уровня шума дорожного движения, особенно при взаимодействии шин с неровным дорожным покрытием.

Управление транспортным потоком. Управление транспортным потоком – мера по снижению объема ТС в контрольных сечениях. При этом определенный тип транспортного средства может быть временно перенаправлен на объездные участки дороги. Характерным примером является запрет на движение грузового транспорта в выходные дни или ночное время. Другой мерой является отключение светофоров в ночное время, что позволяет снизить уровень шума на 2–4 дБ. Эффект снижения акустической нагрузки грузового и общественного транспорта на снижение уровня шума показан на рисунке 2.

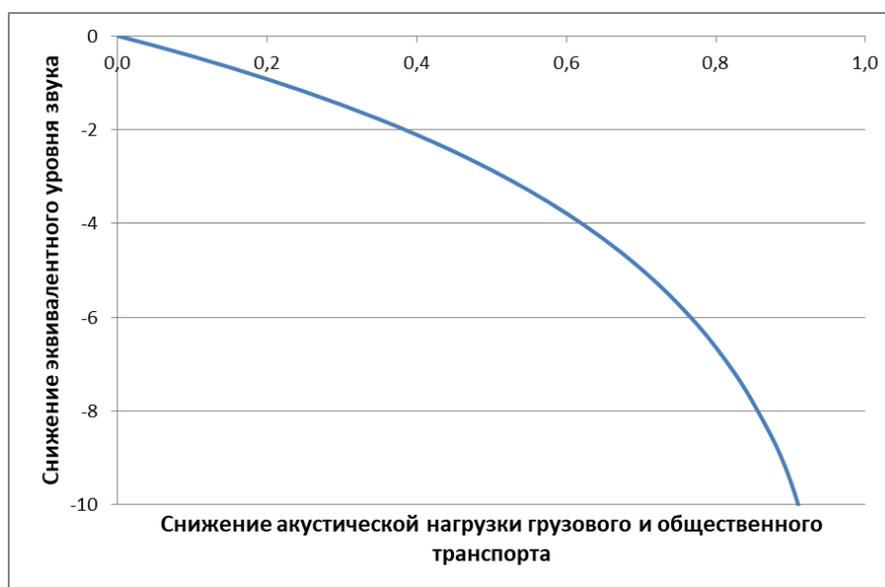


Рис. 2. Влияние снижения акустической нагрузки грузового и общественного транспорта на снижение эквивалентного уровня звука (расчет по [8])

Поведение водителей и введение ограничений. Уровень шума отдельного транспортного средства зависит не только от его скорости, но и от поведения водителя на дороге. Пассивное вождение может снизить уровень шума на 5 дБ для пассажирских и коммерческих ТС и на 7 дБ – для мотоциклов [16].

Мотоциклы – острая проблема в мегаполисах. Уровень шума мотоциклов может составлять 90–95 дБ, поэтому должны быть введены запреты на вождение в ночное время или без специального встроенного глушителя шума.

Результаты и обсуждения

Как показано выше, автомобильные дороги и трамвайные пути создают высокий уровень шума в городской среде, поэтому применяют меры по снижению шума на пути его распространения. Правильная трассировка дорог через малонаселенные районы, когда здания уда-

лены от дорог, может устранить неблагоприятные последствия транспортного шума. В густонаселенных районах необходимо уделять большое внимание защите от шума существующих зданий [17, 18].

Для уменьшения распространения шума предусматривают следующие меры:

- обеспечивают достаточное расстояние между жилыми зданиями и источниками шума;
- размещают объекты, не требующие защиты от шума, например, торговые центры, автостоянки и т. п., между жилыми зданиями и источниками шума.

Расположенные вдоль дорог шумозащитные здания, зеленые насаждения, подпорные стенки являются эффективным способом защиты от шума (рис. 3).

Шумозащитные здания позволяют снизить уровень шума на территории жилой застройки на 10–12 дБ.



Рис. 3. Многоквартирный жилой дом с шумозащитной галереей

Установка вдоль дорог шумозащитных экранов также является одним из распространенных и безопасных способов снижения шума (рис. 4).



Рис. 4. Шумозащитные экраны

Такие технологии не только экономичны, но и могут быть реализованы за относительно короткий промежуток времени. Шумозащитный экран блокирует прямой звук между источником шума и приемником. Однако экран может отражать звук, тем самым увеличивая уровень шума на противоположной стороне дороги. Поэтому для снижения уровня шума в зоне отраженного звука необходимо, чтобы экран имел требуемое звукопоглощение.

Правильный выбор геометрических и акустических характеристик экранов позволяет снизить уровень шума на 7–12 дБ.

Наиболее эффективным способом защиты от шума являются строительство тоннелей (рис. 5).



Рис. 5. Тоннель для защиты от шума

Тоннели строятся при очень высокой цене на землю. При въезде в тоннель его стены облицовывают звукопоглощающими панелями, что позволяет снизить уровень шума на 10 дБ [16].

Однако такой способ строительства является затратным и сопряжен со значительными расходами при эксплуатации тоннеля.

Защита от внешнего шума в зданиях. В том случае, если нет возможности уменьшить уровень шума в источнике или на пути распространения шума, применяют наружную звукоизоляцию зданий.

Наилучшие результаты дает многослойная оболочка зданий с применением многокамерных стеклопакетов и регулируемых вентиляционных клапанов. Однако такие мероприятия затратны. Например, дополнительные затраты на звукоизоляцию оболочки жилого дома составляют около 15 % от стоимости самого объекта при уровне внешнего шума 75–78 дБ [19]. Наиболее высокий уровень шума образуется в помещениях, непосредственно выходящих на улицу [20]. Для снижения уровня шума применяют акустическое зонирование: помещения, не требующие защиты от шума (шумозащитная галерея, кухня, ванная комната), располагают у главного фасада, который выходит на шумную улицу, а защищаемые от шума помещения (спальни, гостиные) размещают у более тихого дворового фасада (рис. 3).

Звукоизоляция оболочки зданий позволяет снизить уровень шума на 6–16 дБ.

Экономические меры по борьбе с шумом в градостроительстве (штрафы за превышение уровня шума, экономическое стимулирование за низкий уровень шума) пока не получили широкого распространения, поскольку подобные меры трудно контролировать.

Интегрирование альтернативных ТС нового поколения. Одним из прогрессивных способов защиты от городского шума является использование малозумных транспортных средств, таких как гибридные, электробусы и на водородном топливе.

Гибридные ТС имеют низкий уровень выбросов продуктов сгорания топлива, приводимые в движение с помощью преобразователя энергии (двигателя внутреннего сгорания или топливного элемента) и аккумулятора произведенной энергии [16]. В отличие от гибридных электромобили и электробусы имеют электродвигатели. Крупнейшие производители автомобилей интенсивно работают над транспортными средствами на водородном топливе. Такие ТС гораздо быстрее заправляются и имеют большую автономность хода по сравнению с электромобилями [19], однако не всегда могут обеспечить безопасность дорожного движения. Гибридные, электрические и водородные транспортные средства имеют очень низкий уровень шума, что может повлиять на безопасность пешеходов и потребовать звукоусиления при движении ТС.

Выводы

По итогам проведенных исследований сформулированы основные выводы:

1. Доказано, что стремительный рост городского населения приведет к значительному шумовому загрязнению урбанизированных территорий. Это актуализирует проблему защиты от шума и необходимость создания комфортной безопасной городской среды.

2. Раскрыты основные факторы шумового загрязнения урбанизированных территорий. Показано, что главным источником является транспортный шум. Максимальный уровень шума характерен для метрополитенов, минимальный – для электробусов.

3. Систематизированы меры по снижению уровня шума городского транспорта: в источнике, на пути распространения, в зданиях. Установлено, что основной мерой является снижение

шума в источнике, в то время как уменьшение распространяющегося шума и защита от него являются эффективными мерами градостроительного и архитектурного проектирования.

4. Намечены главные преимущества интеграции в городскую среду альтернативных транспортных средств нового поколения: гибридных, электробусов и на водородном топливе.

Работа выполнена в рамках подготовки научно-исследовательских работ по теме № 2.3.1.1. «Направления развития энергоэффективного градостроительства России (энергоэффективные кварталы как инновационные планировочные образования)» ЦНИИП Минстроя России.

Список литературы

1. Табунщиков Ю. А. Экология среды обитания человека: реальность, которую игнорировать бесконечно опасно / Ю. А. Табунщиков // АВОК. – 2023. – № 3. – С. 4–15.
2. Бродач М. М. Зеленые здания – требования устойчивого развития / М. М. Бродач, Н. В. Шилкин // АВОК. – 2023. – № 2. – С. 56–64.
3. Корниенко С. В. Энергоэффективность, экологическая безопасность, экономическая эффективность – приоритетные задачи «зеленого» строительства / С. В. Корниенко // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. – 2017. – № 49 (68). – С. 167–177.
4. Горшков А. С. Архитектурно-конструктивные приемы модернизации зданий первых массовых серий / А. С. Горшков, Р. Б. Орлович // Социология города. – 2024. – № 2. – С. 77–93.
5. Корниенко С. В. Реконструкция зданий первых массовых серий по стандартам зеленого строительства / С. В. Корниенко // Социология города. – 2024. – № 2. – С. 64–76.
6. Корниенко С. В. Экологическая архитектура на примере преимуществ озеленяемых крыш / С. В. Корниенко, Т. О. Цитман, П. В. Синькевич // Инженерно-строительный вестник Прикаспия. – 2023. – № 3 (45). – С. 49–54.
7. Ерофеев В. Т. Развитие эффективной системы управления качеством, направленной на обеспечение высокого уровня подготовки специалистов в технических областях / В. Т. Ерофеев, С. В. Корниенко, С. А. Панфилов, О. В. Кабанов, Е. С. Сергушина // Эксперт: теория и практика. – 2024. – № 3 (26). – С. 128–136.
8. СП 276.1325800.2016. Здания и территории. Правила проектирования защиты от шума транспортных потоков. – Дата введения 2017–06–04. – Москва : Минстрой России, 2016. – 155 с.
9. СП 51.13330.2011 Защита от шума. Актуализированная редакция СНиП 23–03–2003. – Дата введения 2011–05–20. – Москва : Минрегион России, 2011. – 46 с.
10. Корниенко С. В. Город как единая акустическая система / С. В. Корниенко // Энергосбережение. – 2024. – № 1. – С. 32–35.
11. Корниенко С. В. Город: от снижения уровня шума до позитивной акустической среды / С. В. Корниенко // Энергосбережение. – 2023. – № 5. – С. 18–33.
12. Korniyenko S. V. Correlation between sound sources and acoustic quality in urbanized areas / S. V. Korniyenko, A. M. Zenin // Construction of Unique Buildings and Structures. – 2023. – № 4 (109). – P. 10902.
13. Шум, пламя и перекося: актуальные экологические проблемы : программа ООН по окружающей среде. – Найроби : Передовые рубежи, 2022. – 59 с.
14. Васильева В. В. Автотранспортный шум в городах и его влияние на окружающую среду / В. В. Васильева // Мир транспорта и технологических машин. – 2010. – № 3. – С. 101–108.
15. Айриев Р. С. Перспективы экологической транспортной системы в мегаполисе / Р. С. Айриев, М. А. Кудряшов // Мир транспорта. – 2018. – Т. 16, № 2. – С. 220–232.
16. Starčević S. M. Noise as an external effect of traffic and transportation / S. M. Starčević, N. J. Bojović // Military technical courier. – 2016. – Vol. 64, № 3. – P. 866–891.
17. Корниенко С. В. Фонотоп как акустический маркер урбанизированных территорий / С. В. Корниенко // Энергосбережение. – 2023. – № 6. – С. 44–49.
18. Корниенко С. В. Акустические преимущества многоквартирных зеленых зданий. Выбор строительных материалов и инженерного оборудования / С. В. Корниенко // Энергосбережение. – 2023. – № 7. – С. 24–27.
19. Misanovic S. Measurement noise level of E-bus HIGER KLQ6125GEV3 on the polygon / S. Misanovic, D. Taranovic, M. Maljkovic, B. Milicic // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. – 2022. – № 1271. – P. 012018.
20. Laib F. Modelling noise reductions using electric buses in urban traffic. A case study from Stuttgart, Germany / F. Laib, A. Braun, W. Rid // Transportation Research Procedia. – 2019. – Vol. 37. – P. 377–384.

© С. В. Корниенко, П. В. Синькевич, Г. Г. Синькевич

Ссылка для цитирования:

Корниенко С. В., Синькевич П. В., Синькевич Г. Г. Анализ факторов шумового загрязнения и защита от шума в мегаполисах // Инженерно-строительный вестник Прикаспия : научно-технический журнал / Астраханский государственный архитектурно-строительный университет. Астрахань : ГБОУ АО ВО «АГАСУ», 2024. № 4 (50). С. 59–64.