

УДК 534.6

Применение системы мониторинга шума для оценки акустического воздействия строительных площадок на территорию жилой застройки

Светлов Валерий Валериевич^(*)

svetlov-vsleriy@yandex.ru

SPIN-код: 8309-5863

Картышев Михаил Олегович

kartyshev@ecoflight.ru

ООО «Центр экологической безопасности гражданской авиации», Москва, Россия

Аннотация. В данной статье рассматривается система мониторинга шума на строительных площадках в Москве как инструмент ранжирования площадок по уровню шума и принятия оперативных мер для обеспечения акустического комфорта в городе. Основная цель системы — обеспечить объективный контроль воздействия шума от строительных работ на городскую среду посредством сбора и анализа акустических данных в режиме реального времени. В системе применяется искусственная нейронная сеть для оценки категорий звуковых событий. Разработан алгоритм количественной оценки уровней звука на территории, прилегающей к строительной площадке, на основании данных мониторинга шумового воздействия на ее периметре.

Ключевые слова: система мониторинга шума, шум строительных площадок, искусственная нейросеть, территория жилой застройки

Noise monitoring system for acoustic impact assessment of construction sites on residential areas

Svetlov Valeriy Valerievich^(*)

svetlov-vsleriy@yandex.ru

SPIN-code: 8309-5863

Kartyshev Mixail Olegovich

kartyshev@ecoflight.ru

Civil aviation environmental safety center, Moscow, Russia

Abstract. This article examines a noise monitoring system for construction sites in Moscow as a tool for ranking sites by noise level and implementing prompt measures to ensure acoustic comfort in the city. The primary objective of the system is to provide objective control over the impact of construction noise on the urban environment through the collection and real-time analysis of acoustic data. The application of an artificial neural network for categorizing sound events is demonstrated. An algorithm has been developed for the quantitative assessment of sound levels in areas adjacent to construction sites, based on monitoring data of noise exposure at the site perimeter.

Keywords: noise monitoring system, construction site noise, artificial neural network, residential area

Введение. Строительство новых зданий и сооружений — неотъемлемая потребность современных городов, связанная с развитием технического прогресса и процессов реорганизации городской среды. С конца прошлого века в крупных городах России наметилась и продолжается тенденция, связанная с выносом промышленных предприятий за черту города, что приводит к высвобождению новых территорий, которые могут быть использованы в целях строительства новых жилых и коммерческих зданий, больниц, школ и т. д.

Темпы строительства постоянно увеличиваются, что, несомненно, влияет на экологические аспекты жизни мегаполисов. Среди всех факторов негативного воздействия при производстве строительных работ шум оказывает преобладающее воздействие и вызывает наибольшее число жалоб населения [1]. По данным ежегодного государственного доклада Департамента природопользования и охраны окружающей среды города Москвы «О состоянии окружающей среды в городе Москве» [2] среди общего числа обращений населения, жалобы на строительные работы занимают 88% от общего числа. Эта же тенденция наблюдается и в докладе Комитета государственного строительного надзора города Москвы [3], осуществляющего контроль ведения строительных работ на всех объектах мегаполиса.

До конца 2024 года контроль за шумом строительных площадок осуществлялся путем проведения измерений испытательной лабораторией Комитета. Измерения проводились выборочно и краткосрочно в рамках комплексных проверок всей строительной площадки. Такой подход позволял контролировать акустическое воздействие от строительного шума, определять наличие превышений на прилегающей нормируемой территории, реагировать на жалобы населения, выносить обоснованное решение о применении штрафных санкций в адрес застройщика.

С целью повышения качества надзорных мероприятий Правительством Москвы было принято решение о необходимости поиска способа, позволяющего осуществлять контроль уровня шума от строительных площадок круглосуточно и круглогодично с применением дистанционных методов, используя современные научно-технические достижения, в частности, искусственный интеллект.

Для проверки возможности реализации данной задачи летом 2024 года был проведен пилотный проект по разработке автоматизированной системы мониторинга шума строительных площадок. В рамках проекта были определены требования к оборудованию, местам его установки, выбору критериев оценки шума стройплощадок, требования к программному обеспечению. Осуществленный пилотный проект показал высокий потенциал внедрения системы мониторинга шума, что позволило принять обоснованное решение о необходимости его реализации для всех строительных площадок города Москвы.

Материалы и методы. В ходе проведения пилотного проекта рассматривалась возможность установки пунктов мониторинга шума в нескольких местах: на границе строительной площадки, на территории у ближайшего нормируемого объекта, на фасаде или кровле ближайшего нормируемого здания (рис. 2).



Рис. 2. Рассматриваемые варианты установки

Из возможных исследуемых мест расположения микрофонов был выбран вариант их расположения над ограждением строительной площадки на высоте 0,5...2,0 м. Такое расположение обеспечивает измерение строительного шума с наименьшим вкладом прочих фоновых источников, которые влияют на результат измерений. При выборе сторон строительной площадки, на которых необходима установка микрофонов учитывалось наличие близрасположенных нормируемых объектов.

Разработанная в ходе проведения пилотного проекта система мониторинга шума является программно-аппаратным комплексом и состоит из пункта

мониторинга шума, включающего измерительный блок и программное обеспечение для хранения, систематизации и отображения полученных данных.

Пункт мониторинга шума состоит из всепогодного пыле- влагозащищенного микрофона и измерительного блока, на котором осуществляется сбор и первичная обработка полученных данных.

Измерительный блок оснащен GSM-модулем (модемом) для передачи данных через сеть Интернет по стандартам 3G/LTE. При отсутствии покрытия мобильной связью данные накапливаются во внутренней памяти устройства и направляются на сервер системы при возобновлении интернет-соединения.

Программное обеспечение осуществляет сбор, обработку, анализ и последующее представление пользователям агрегированных данных об уровнях шума в местах размещения пунктов мониторинга шума на объекте мониторинга. Функциональные возможности системы мониторинга шума строительных площадок:

- контроль авторизации доступа пользователей к функциональным возможностям Системы;
- сбор и хранение данных об уровнях шума и других данных в месте размещения пункта мониторинга шума;
- статистический анализ фиксируемых данных об уровнях шума, включая расчет критерия шумности стройплощадки;
- уведомление пользователей Системы о превышениях с заданными характеристиками длительности, уровней звука;
- прослушивание аудиозаписи шумовых событий;
- классификация шумовых событий с помощью алгоритмов машинного обучения и искусственной нейронной сети.

Разработанная искусственная нейронная сеть позволяет распознавать следующие классы шумовых событий: стуки; перфораторы и отбойные молотки; шлифовальные машины и резка; непрерывно работающие источники; бульдозер, экскаватор, погрузчик; проезд строительной техники; шум городской среды.

Валидация производилась на действующих строительных площадках путем прослушивания записи шумовых событий, которые были классифицированы нейросетью. Для подтверждения правильности классификации шумовых событий прослушивались временные записи, при этом анализировалась информация о видах строительных работ и применяемой техники, используемые в этот момент. Дополнительно проверялись периоды, когда строительные работы не проводились, с целью выявления возможных ошибок классификации, например, распознавание машины для вывоза мусора как проезд или работу строительной техники. Данным путем удалось достичь точности распознавания 89 %.

В действующей нормативной документации допустимые значения для уровней звука на границе строительной площадки не установлены. В связи с этим, возникает необходимость определения зависимости между уровнем

шума на границе стройплощадки и на территории прилегающих нормируемых объектов. Зная такую взаимосвязь возможно установление порогового значения шума на границе стройплощадки, соблюдение которого не приведет к превышению нормативных значений ($L_{\text{доп}}$) на прилегающей территории. Информации о пороговом значении может быть получена на основании результатов расчетов или измерений.

Определение порогового значения выполняется на основании результатов проведения натурных измерений. Источником шума в данном случае может являться строительная техника или образцовый источник белого шума при ее отсутствии.

С целью определения разницы между максимальным уровнем звука на границе строительной площадки ($L_{\text{макс}}^{\text{стр}}$) и на территории нормируемого объекта ($L_{\text{макс}}^{\text{терр}}$) по установленным стандартным методикам [4,5] проводятся одновременные измерения шума на границе стройплощадки и у нормируемого объекта. После обработки результатов измерений производится расчет порогового значения ($L_{\text{порог}}$) с использованием формулы:

$$L_{\text{порог}} = L_{\text{доп}} + 10 \lg \left[\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N 10^{0,1 \cdot (L_{\text{макс}i}^{\text{стр}} - L_{\text{макс}i}^{\text{терр}})} \right].$$

Результаты. Переход от кратковременных измерений шума к использованию автоматизированной системы долгосрочного мониторинга при контроле шума стройплощадок, безусловно, является следующим важным шагом в проведении контроля акустического загрязнения окружающей среды. Важным вопросом, в рамках указанного перехода, является место возможного размещения пункта мониторинга шума, исходя из условий корректности получаемых результатов, а также сохранности устройств. Определенное опытным путем расположение датчиков на границе строительной площадки привело к необходимости разработки подхода к определению порогового значения для каждого микрофона, превышение которого приводит к сверхнормативным уровням звука на прилегающей нормируемой территории.

Обсуждение. Система мониторинга шума в указанном варианте исполнения позволяет осуществлять круглосуточный долгосрочный мониторинг с целью контроля шума строительных площадок. В данной работе приведен алгоритм контроля шума, который позволяет производить оценку уровней шума на соответствие нормативным значениям для прилегающей территории на основании сведений об уровне шума на границе строительной площадки.

Результаты проведенной работы представляют высокую практическую значимость и могут быть использованы организациями, осуществляющими контроль за проведением строительных работ, состоянием окружающей среды или санитарно-эпидемиологическим благополучием населения.

Заключение. Круглосуточный мониторинг шума строительных площадок с использованием автоматизированных систем является закономерным этапом развития инструментов контроля в условиях текущих темпов осуществления строительства в современных мегаполисах. Данный инструмент ран-

жирования строительных площадок по излучаемому шуму позволяет осуществлять сбор и анализ акустических данных в режиме реального времени и оперативно принимать меры для обеспечения акустического комфорта на прилегающих нормируемых территориях.

В ходе разработки системы мониторинга шума для строительных площадок города Москвы определены основные требования к средствам измерений, местам установки микрофонов, определяемым параметрам шума. Разработано программное обеспечение позволяющее осуществлять сбор, обработку, анализ и последующее представление пользователям агрегированных данных. С целью анализа шумовых событий и достоверному отнесению их к строительным работам, разработана искусственная нейронная сеть позволяющая распознавать и классифицировать источники шума строительной площадки (стуки, перфораторы, шлифовальные машины, строительная техника и пр.).

Описанный алгоритм определения порогового значения в каждом месте установки пункта мониторинга строительного шума позволяет определять наибольшее возможное значение максимального уровня звука на границе строительной площадки, которое не приведет к превышению уровней шума на прилегающей нормируемой территории.

Список источников

- [1] *Государственный доклад о санитарно-эпидемиологическом благополучии населения в Российской Федерации в 2024 году*. Москва, Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, 2025, 424 с.
- [2] *Доклад о состоянии окружающей среды в городе Москве*. Москва, Департамент природопользования и охраны окружающей среды города Москвы, 2024, 169 с.
- [3] Доклад по итогам обобщения правоприменительной практики по осуществлению регионального государственного строительного надзора Комитета государственного строительного надзора города Москвы за 2025 год. Москва, Мосгосстройнадзор, 2026, 15 с.
- [4] МУК 4.3.3722–21. *Контроль уровня шума на территории жилой застройки, в жилых и общественных зданиях и помещениях*. URL: <https://docs.cntd.ru/document/727896915> (дата обращения 19.04.2025).
- [5] ГОСТ 23337–2014. *Шум. Методы измерения шума на территориях жилой застройки и в помещениях жилых и общественных зданий*. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200114242> (дата обращения 19.04.2025).