

УДК 534.61

## Оценка ослабления акустического шума в черте города

Козлов С.С., Касатова А.Р.

Проблемы экологического состояния промышленных городов становятся значимыми в последнее время. Один из важных воздействующих на человека факторов – акустический шум. В настоящее время удельный вес объектов, на которых выявлено несоответствие уровней шума требованиям санитарного законодательства, составляет от 12,0% до 21,2%. Актуальна задача анализа акустического шума на городских территориях. Определена зона на территории города Муром, включающая жилые дома, учебные заведения, предприятие. Имеется дорога с автодвижением. Проводились измерения затухания шума вдоль улицы. Использована звукоусилительная аппаратура, обеспечивающая уровень звукового давления до 108 дБ. Измерения проводились в точках, расположенных вдоль улицы. Для измерений использовался шумомер I класса Ассистент. Величина затухания на каждой частоте октавных диапазонов получена сопоставлением с уровнем сигнала в точке излучения. Для анализа распределения акустических полей использована геоинформационная программа QGIS. Сделан вывод, что в условиях городской среды распределение акустических полей при распространении от источника шума вглубь жилой территории имеет явно выраженный нелинейный характер.

*Ключевые слова:* акустический шум, шумомер, геоинформационная программа QGIS, амплитудно-частотная характеристика, белый шум.

### Введение

Проблемы экологического состояния промышленных городов становятся значимыми в последнее время: возрастают опасности, обусловленные различными воздействиями на жителей городов (включая акустические воздействия) и, как следствие, растёт процент заболеваний, увеличивается риск нежелательных событий техногенного характера [1,2].

В последнее время, как следует из Государственного доклада Минприроды за 2020 год [3], удельный вес объектов, на которых выявлено несоответствие уровней шума требованиям санитарного законодательства, имеет тенденцию к снижению, однако от 21,2% до 12,0% измерений по уровню шума показывают превышение санитарных норм.

В силу этого актуальной становится задача оперативного мониторинга городской среды и выработка прогностических решений, что обеспечит больше возможностей в плане принятия управленческих решений по защите населения от влияния этих загрязнений. Фактически, насущно актуальной становится задача создания шумового (акустического) паспорта города.

Оценка риска для здоровья людей от акустического загрязнения зависит от нескольких факторов, включая уровень шума, продолжительность воздействия, частотный

спектр звуков, адаптацию людей к шуму и чувствительность конкретных групп населения. Он может влиять на психоэмоциональное состояние, качество сна и общее благополучие людей. По разным оценкам ежегодное повышение уровня шума на открытых пространствах достигает 0,5 дБ [4]. Проблема акустического шума становится одной из основных проблем техногенного развитого общества.

Цель работы – анализ распространения акустического шума на городской территории.

### Методика и процесс измерений

Оценку характера распространения акустического шума в городской среде можно проводить двумя принципиально различающимися способами: измерением уровней звукового давления (УЗД) на различных участках реального города и компьютерным моделированием распределения акустических полей реальных участков городской территории. Возможен, также, совмещённый вариант, когда сначала проводятся измерения УЗД в реальных условиях, а затем, на основе этих данных, проводится моделирование. Именно такой вариант и был выбран в данном случае.

Для получения данных о характере изменения УЗД акустического шума прежде всего необходимо выбрать участок территории города, сочетающий в себе основные характерные, с точки зрения рассматриваемой проблемы, особенности городской среды. Поскольку анализ проводился на базе города Муром, искомый участок должен находиться на его территории и включать жилую зону, автодорогу, детские дошкольные или учебные (или медицинские) заведения, промышленные предприятия.

Такой участок был выбран в зоне расположения ул. Мичуринской, имеющей изгиб в 90°. Звукоусилительная аппаратура, обеспечивающая создание звуковой волны, устанавливалась на осевой линии автодороги в точке поворота. На протяжении основной части улицы, где и проводились измерения, наблюдается не очень активное движение автотранспорта, имеются жилые дома (начиная с расстояния более 60 м от точки поворота), школа (на расстоянии порядка 130 м от точки поворота), учебный корпус института (сзади

Inovtone 1500 и две акустические системы (АС) Delta 4215, обеспечивающие, при номинальной мощности 500 Вт, максимальный уровень звукового давления до 108 дБ на расстоянии 1 м от акустических систем. Синтез «белого шума» осуществлялся в среде LabView с использованием ноутбука. Источник шума рассматривался как точечный.

Для измерения использовался шумомер I класса Ассистент. Методика измерений соответствовала рекомендованной ГОСТ 23337-2014 [5]. В каждой из точек фиксировалось пять групп значений УЗД на каждой из средних взвешенных частот  $f$  октавных диапазонов, после чего вычислялось среднее значение по частотам

$$L_f = 10 \lg \left( \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n 10^{0,1L_i} \right), \quad (1)$$

где  $n$  – число измерений на данной частоте ( $n=5$ );  $L$  – УЗД при каждом измерении.

Оценка ослабления шума по трассе распространения давалась сопоставлением [5] с исходными характеристиками шума в точке установки АС сравнением с УЗД исходного сигнала по каждой из частот



Рис. 1 - Распределения уровней ослабления акустического шума (на частотах 31,5 и 125 Гц)

от аппаратуры), промышленное предприятие (также в зоне поворота улицы, отгорожено от «поворотного» участка дороги забором из бетонных плит высотой 3 м). На протяжении дороги в направлении распространения шума расположены баки для сбора мусора, гаражи, участки забора, выполненного из металлопрофиля.

Для проведения исследования характеристик шума были использованы: усилитель

$$\Delta L_f = L_f^{АЧХ} - L_f^{ТИ}, \quad (2)$$

Визуальное представление характера распределения акустических полей относительно точек измерения (шаг 20 м) вдоль улицы получено с использованием геоинформационной системы QGIS [6]. Примеры распределения полей для двух частот представлены на рис. 1. Источник шума установлен в точке

«0». Изменение УЗД на рисунках показано изменением цветовой градации: чем больше ослабление шума, тем насыщеннее цвет.

Видно, что в т. 8 в обоих случаях ослабление (затухание) шума снижается. Очевидно, сказывается влияние здания школы (на рисунках в правой части) и расположенной тут же трансформаторной будки. Аналогичная картина в т.9 (на границе зоны фиксации шума) на частоте 31,5 Гц может объясняться, например, тем, что далее по трассе имеются жилые здания, от стен которых может отражаться звуковая волна, что вносит вклад в фиксируемый УЗД.

### Заключение

Исходя из графического представления распределения уровней звукового давления можно сделать вывод, что в условиях городской среды распределение акустических полей при распространении от источника шума вглубь жилой территории имеет явно выраженный нелинейный характер. Влияние на ослабление сигнала могут оказывать различные конструктивные элементы, располагаемые вдоль улицы: металлические заборы, гаражи и пр.

*Работа выполнена при финансировании гранта РФФ № 23-29-10100.*

**Поступила 17 ноября 2023 г.**

### Assessment of acoustic noise attenuation in the city

The problems of the ecological state of industrial cities have become significant recently. One of the important factors affecting humans is acoustic noise. Currently, the proportion of facilities where noise levels have been found to be inconsistent with the requirements of sanitary legislation ranges from 12.0% to 21.2%. The task of analyzing acoustic noise in urban areas is relevant. A zone has been defined on the territory of the city of Murom, including residential buildings, educational institutions, and an enterprise. There is a road with self-driving. Noise attenuation measurements were carried out along the street. Sound amplification equipment was used, providing a sound pressure level of up to 108 dB. Measurements were carried out at points along the street. An Assistant Class I sound level meter was used for measurements. The attenuation value at each frequency of the octave ranges is obtained by comparing it with the signal level at the radiation point. The geographic information program QGIS was used to analyze the distribution of acoustic fields. It is concluded that in an urban environment, the distribution of acoustic fields when propagating from a noise source deep into a residential area has a pronounced nonlinear character.

**Keywords:** acoustic noise, sound level meter, geographic information program QGIS, amplitude-frequency response, white noise.

*Козлов Станислав Сергеевич* – студент кафедры техносферной безопасности Муромского института (филиала) Государственного образовательного учреждения высшего образования "Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых".

602264, г. Муром, ул. Орловская, д. 23.

*E-mail:* stason4ik322@yandex.ru.

*Касатова Алина Романовна* – студент кафедры техносферной безопасности Муромского института (филиала) Государственного образовательного учреждения высшего образования "Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых".

602264, г. Муром, ул. Орловская, д. 23.

### Литература

1. Bulkin V.V., Sharapov R.V., Sereda S.N., Ermolaeva V.A. Problems of operational control of physical and chemical environmental factors in residential areas of Russian settlements / International Scientific Conference Ecological and Biological Well-Being of Flora and Fauna EBWFF 2023 (Part 1), E3S Web of Conferences 420, 09001 (2023).
2. Соловьёв Л.П., Булкин В.В., Шарапов Р.В. Существование человека в рамках техносферы / Машиностроение и безопасность жизнедеятельности. 2012, №1(11). -С.31-39.
3. Государственный доклад «О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2020 году» / Министерство природных ресурсов и экологии Российской Федерации. – Режим доступа: - <https://2020.ecology-gosdoklad.ru/>.
4. Булкин В.В. Акустическое загрязнение промышленных городов (на примере г. Муром) / Экологические системы и приборы, №1, 2016. – С.18-21.
5. ГОСТ 23337-2014. Шум. Методы измерения шума на селитебной территории и в помещениях жилых и общественных зданий / Инженерная и санитарная акустика. Сборник нормативно-методических документов. В 2 томах. Том 1. –СПб.: Компания «Интеграл», 2008. –С.355-384.
6. QGIS. Свободная географическая информационная система с открытым кодом. –Режим доступа: <https://www.qgis.org/ru/site/>.

