

Исследование уровня акустического загрязнения локальной урбанизированной территории

Щёлокова Т.Д.

В статье рассматриваются некоторые результаты акустошумового мониторинга больших промышленно развитых городов (на примере Муром). Проведён анализ зон зашумления города. Рассмотрены особенности построения измерительного канала, используемого при проведении мониторинга. Проанализированы погрешности измерения, обусловленные стандартной процедурой октавного анализа с контролем на центральных средневзвешенных частотах. Показано, что применение полного спектрального анализа с использованием быстрого преобразования Фурье позволяет компенсировать указанные погрешности. Приведены некоторые результаты анализа спектра и уровней акустических шумов на улицах города в разное время суток.

Ключевые слова: акустический шум, анализатор спектра, измерительный канал, быстрое преобразование Фурье, уровень шума.

Введение

Среди главных экологических опасностей большого города третье по важности место занимает акустическое загрязнение. Многочисленные исследования показывают, что акустический шум оказывает существенное неблагоприятное воздействие на психологическое и биологическое здоровье человека, состояние социальной среды [1]. При этом существенная часть населения страны находится в зоне повышенного шумового воздействия: по данным [2] в зонах пролегания автострад превышение уровня шума над санитарными нормами в дневное время доходит до 25 дБА. Данная проблема является значимой особенно для больших (с населением свыше 100 тыс. человек), крупных (до 1 млн), крупнейших (до 3 млн) и сверхкрупных (свыше 3 млн. человек населения) городов [3].

Например, в г. Муроме численность населения по данным на 2015 год составляла 110746 человек, что позволяет классифицировать его как большой город. При этом по данным территориального органа государственной статистики по Владимирской области Муром является лидером по числу машин на душу населения: на указанный период в городе насчитывалось более 43 тысяч автомобилей, следовательно, почти каждый третий житель города имеет автомобиль [4]. Автомобильный парк города постоянно растёт, вместе с этим увеличивается доля автомобилей, выработавших свой технический ресурс, следовательно, в городе ухудшается не только акустическая, но и экологическая ситуация.

Таким образом, вопрос контроля акустошумовой обстановки в городе является актуальным.

В статье рассматриваются некоторые результаты мониторинга акустического шума на локальной урбанизированной территории в пределах города Муром.

Анализ зон зашумления Муром

Современный Муром - один из крупных промышленных центров Владимирской области, крупный железнодорожный узел Казанской железной дороги. Город связан с центральными регионами России автомобильными дорогами.

Анализируя карту города можно сделать следующие общие выводы.

1. В городе имеется несколько центральных автотранспортных артерий, пересекающих город в направлении «юг-север» («Радиозаводское шоссе-улица Куликова-улица Войкова»), «центр-запад» (Владимирское шоссе), «восток-запад» (Московская улица) и некоторые другие вспомогательные трассы (улицы-дублёры).

2. Особенности планировки города, прохождение в городской черте железнодорожной линии, характер расположения промышленных зон - создают дополнительные трудности в оптимизации движения транспорта и облегчении акустошумовой обстановки.

Детальный анализ плана города, представленный, например, в [5,6], позволил выявить наиболее акустонагруженные зоны, на территории которых и проводились измерения уровня и спектра акустических сигналов.

Контрольно-измерительное оборудование

Одной из серьёзных проблем организации контроля акустических шумов является то, что стандартный шумомер, обычно используемый для контроля акустических сигналов, фактически представляет собой вольтметр с микрофонным датчиком, снабжённый электрическими фильтрами для измерения уровней звукового давления в октавных или третьоктавных полосах частот, индикатор которого отградуирован в децибелах.

Такой принцип измерения заведомо вносит погрешность, поскольку любой вольтметр независимо от того аналоговый он или цифровой, показывает усреднённое значение напряжения (амплитуды) в измеряемой полосе частот ряда R10 [7].

Как показано в [8], в случае контроля уровней шума на средневзвешенных частотах октавных диапазонов, разница между амплитудой всплеска на краю диапазона и средним значением, которую не зафиксирует шумомер, может составлять до 20 дБ.

Измерительный канал системы построен по принципу пассивного акустического локатора, обеспечивающего приём акустических шумовых сигналов, распространяемых в исследуемом пространстве.

Функциональная схема канала системы приведена на рис. 1.

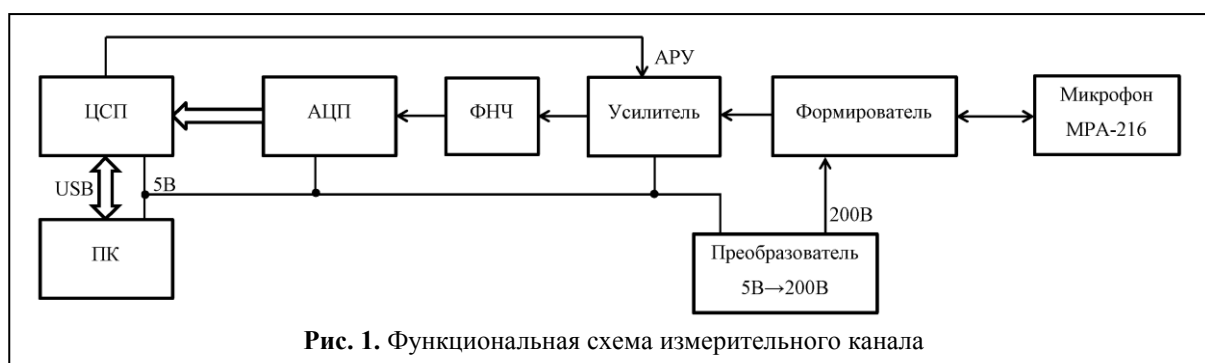


Рис. 1. Функциональная схема измерительного канала

Устройство представляет собой пассивный измерительный канал, который состоит из: конденсаторного микрофона с микроэлектронным предусилителем заряда; формирователя; преобразователя напряжения; регулируемого усилителя с возможностью автоматической регулировки усиления (АРУ); фильтра низких частот (ФНЧ); аналого-цифрового преобразователя (АЦП); цифрового сигнального процессора (ЦСП) с интерфейсом USB и персонального компьютера (ПК).

Микрофон МРА-216 – конденсаторный, с встроенным микроэлектронным предусилителем заряда. Формирователь преобразует высокоимпедансный зарядовый сигнал с микрофонного датчика в низкоимпедансное напряжение для последующей передачи и обработки. Усилитель имеет функцию АРУ, которая управляется процессором ЦСП, что позволяет значительно расширить динамический диапазон измерений. Для защиты полезного сигнала от высокочастотных помех применён ФНЧ. Центральный сигнальный процессор выполняет функцию управления АРУ, а также обеспечивает обработку данных, полученных с выхода АЦП.

Имеется возможность работы как от внешнего источника питания, так и от USB-порта компьютера.

Главное достоинство устройства в сравнении со схемой измерения стандартным шумомером заключается в том, что переход от амплитудно-временной характеристики к амплитудно-частотной реализуется на аппаратном уровне алгоритмом быстрого преобразования Фурье (БПФ). Использование БПФ даёт возможность наблюдать и отслеживать не средние значения в заданной полосе частот, а узкополосные амплитудные всплески на различных частотах, в том числе и находящиеся на краях октавного диапазона. Кроме того, рассматриваемый измерительный канал позволяет с большей, чем в стандартной схеме, точностью определить значения частоты и амплитуды пиков.

Принципы построения системы рассмотрены в [9,10]. Реализация осуществлена с использованием низкочастотного анализатора спектра на основе ZET017-U2. Обработка информации осуществляется персональным компьютером.

Практические результаты контроля

Измерения уровня шума были проведены в нескольких зонах города, выявленных в процессе предварительного анализа. Контроль проводился в утреннее (начало рабочего дня), вечернее (конец рабочего дня) и ночное время.

На рис. 2 и 3 представлены спектр и уровень шума в утренние и ночные часы. В первом случае показаны спектры средних и максимальных значений уровня шума. Во втором случае, в силу отсутствия интенсивного движения, показаны только средние значения, мало отличающиеся от максимальных. Во всех случаях период контроля составлял 1200 секунд.

На представленных графиках хорошо видно, что в утреннее время практически во всём рассматриваемом диапазоне частот (20-5000 Гц) максимальные значения шума превышают не только «санитарную» норму 85 дБА (исключение – узкий диапазон 4100-4600 Гц), но и порог в 100 дБА (диапазон 500-1300 Гц).

Вместе с тем, средние за период измерения значения шума только в некоторой части частотного диапазона (700-1200 Гц) доходят до уровня 85 дБА. В целом же средние значения шума в наиболее чувствительной для человека части диапазона 1000-4000 Гц плавно уменьшаются от 85 до 65 дБА.

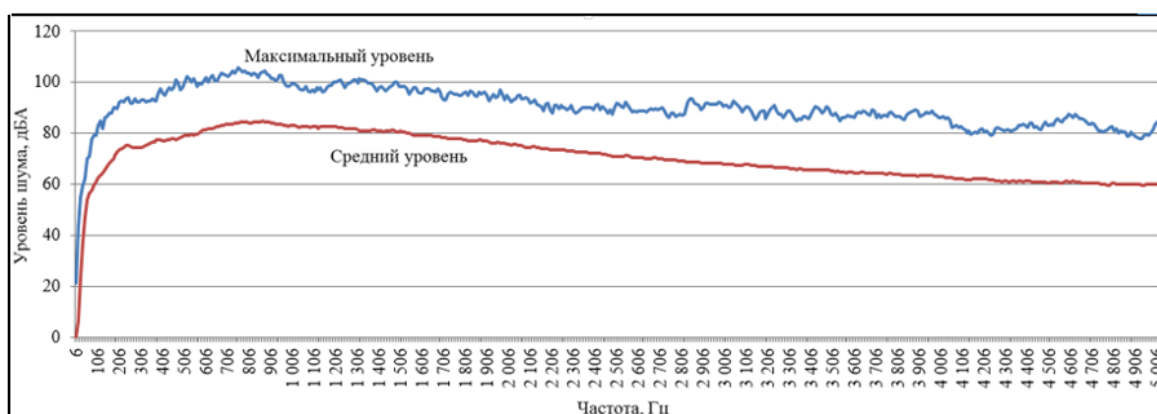


Рис. 2. Уровень шума в утреннее время

В ночное время в силу отсутствия интенсивного движения уровень шума даже в пиковых значениях не превышает 50 дБА, что по общепринятой шкале соответствует обычному разговору и обозначается как «Отчётливо слышно». Наличие такого всплеска именно в самой низкочастотной части диапазона может быть объяснено, например, наличием движения воздуха или биениями сигналов при встречном движении машин. Могут такие всплески объясняться и влиянием работы промышленного

предприятия, расположенного в зоне проведения измерений. В любом случае наличие всплеска в этой области диапазона должно быть подвергнуто сомнению ещё и в силу ограничения гарантированного частотного диапазона используемого микрофона частотой 20 Гц.

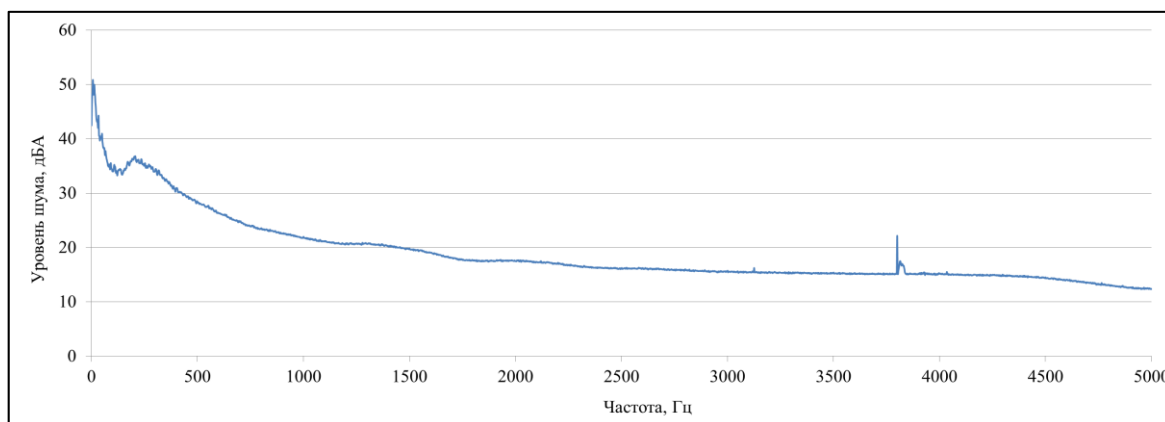


Рис. 3. Уровень шума в ночное время (среднее значение)

В целом же уровень шумов в ночное время вполне соответствует требованиям СНиП 23-03-2003 «Защита от шума» в части допустимого максимума по нормам для жилых помещений ночью, с 23 до 7 ч. Следовательно, можно считать, что в расположенных поблизости жилых домах шум от автотранспорта практически не проявляется.

Заключение

При анализе уровня зашумления использована разработанная в Муромском институте ВлГУ система мониторинга акустического загрязнения локальной урбанизированной территории, обеспечивающая контроль загрязнений и прогнозирование характера их распространения в данной локальной зоне.

Полученные данные о характере и параметрах акустического шума несколько отличаются от результатов, полученных в той же зоне городской среды три года назад [11]. Однако отличие не представляется существенным и может объясняться, например, различиями, обусловленными особенностями временем года (в [11] представлены данные, полученные в тёплое время года, а в данной статье результаты измерений, выполненных в декабре, при наличии снежного покрова, который может выполнять функции шумопоглотителя. Более подробный анализ возможен в условиях большего совпадения условий среды и будет являться предметом последующих исследований.

Литература

1. Булкин В.В., Соловьев Л.П., Шарапов Р.В., Первушин Р.В., Кириллов И.Н. Проблемы построения систем мониторинга акустического загрязнения селитебных зон / Машиностроение и безопасность жизнедеятельности. 2014, №1(19). –С.48-53.
2. Государственный доклад «О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2011 году» / Министерство природных ресурсов и экологии Российской Федерации. – Режим доступа: - <http://www.mnr.gov.ru/regulatory/detail.php?ID=130175>.
3. Соловьев Л.П. Мониторинг окружающей среды селитебных территорий малых промышленных городов / Соловьев Л.П., Шарапов Р.В., Булкин В.В., Гусейнов Н.Г., Ермолаева В.А., Лазуткина Н.А., Лодыгина Н.Д.,

Первушин Р.В., Романченко С.В., Серда С.Н., Шарапова Е.В., Калиниченко М.В. // *Машиностроение и безопасность жизнедеятельности*. 2014, №4(22). –С.34-40.

4. Сайт Федеральной службы государственной статистики по Владимирской области [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://vladimirstat.gks.ru/> (дата обращения: 12.11.2015).

5. Булкин В.В. Акустошумовое загрязнение промышленных городов (на примере г. Муром) / *Экологические системы и приборы*, №1, 2016. –С.18-21.

6. Щёлокова Т.Д. Актуальность исследования шумового загрязнения в городах / *Символ науки*, №11, 2015. –С.72-74.

7. ГОСТ Р 53188.1-2008. Шумомеры. Часть 1. Технические требования -М.: Стандартинформ, 2009. -32 с.

8. Булкин В.В., Кириллов И.Н. Анализ возможного распространения акустошумового загрязнения в селитебных зонах / *Методы и устройства передачи и обработки информации*, 2014, Вып.16. –С.35-40.

9. Булкин В.В., Кириллов И.Н., Беляев В.Е. Пассивный канал пассивно-активной системы мониторинга урбанизированного пространства / *Радиотехнические и телекоммуникационные системы*, №4, 2012. –С.47-51.

10. Патент ПМ № 137977, МПК G01H9/00. Устройство контроля акустошумовых сигналов / Булкин В.В., Кириллов И.Н. Оpubл. 27.02.2014, БИПМ №6.

11. Булкин В.В., Калиниченко М.В. Возможности снижения шума на открытых площадках машиностроительных предприятий и селитебных зон / *Инновационные технологии и экономика в машиностроении* // Сборник трудов VI Международной научно-практической конференции, Юргинский технологический институт, 21–23 мая 2015 г. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2015. – С.343-346.