

Оценка точности фиксации широкополосных акустических шумов в октавных диапазонах

М.Е. Савин, И.Н. Кириллов, В.В. Булкин

*Муромский институт (филиал) Владимирского государственного университета имени А.Г. и Н.Г. Столетовых
602264, Муром, Владимирская область, ул. Орловская, д.23.
E-mail oid@mivlgu.ru.*

Представлены результаты исследования возможности учёта постоянных или импульсных шумовых проявлений в оценке уровня звукового давления, создаваемого широкополосным шумом, отстоящих от средневзвешенных частот при октавном режиме измерений. Получено, что при рассматриваемом по результатам одного из наблюдений в г. Муроме, импульсные акустические шумы, превышающие УЗД на частоте 2000 Гц на 35 и 31 дБ, при анализе будут зафиксированы с превышением относительно среднего уровня на 18,7 и 4,4 дБ. Сделан вывод о необходимости продолжения исследований и возможном внесении изменений в принятые методики измерений УЗД акустических шумов

Ключевые слова: акустический сигнал, шумомер, октава

Evaluation of the accuracy of recording broadband acoustic noise in octave ranges

M.E. Savin, I.N. Kirillov, V.V. Bulkin

Murom Institute of Vladimir State University.

The results of a study of the possibility of taking into account constant or impulse noise manifestations in the assessment of the sound pressure level created by broadband noise, which are separated from the weighted average frequencies in the octave measurement mode, are presented. It was found that when considering the results of one of the observations in the city of Murom, impulse acoustic noise exceeding SPL at a frequency of 2000 Hz by 35 and 31 dB will be recorded in the analysis exceeding the average level by 18.7 and 4.4 dB. The conclusion was made about the need to continue research and possible changes in the accepted methods for measuring ultrasonic acoustic noise.

Keywords: acoustic signal, noise meter, octave

Введение

Формирование и распространение акустических волн в городской среде – одна из проблем современного урбанизированного пространства. Источниками акустических волн обычно являются строительные механизмы, ремонтно-восстановительные работы, промышленные установки, системы вентиляции и т.п. Однако основным источником акустических шумов (акустических волн) в городской среде является разнообразный транспорт.

За последние десятилетия средний уровень шума, производимый транспортом, увеличился на 12-14 дБ [1,2]. Например, в г. Муроме выявлена интенсивность движения на некоторых перекрёстках до 11300 единиц в сутки (в среднем 470 в час) при уровне шума более 100 дБА [3]. При этом акустический шум, возникающий на проезжей части магистрали, распространяется не только на примагистральную территорию, но и вглубь жилой застройки.

Следует учитывать, что формируемые перечисленными источниками звуковые колебания обычно включают весь спектр звукового диапазона, инфранизкие и

ультразвуковые колебания. С учётом особенностей работы слухового аппарата человека в первую очередь контролю подлежат звуковые колебания слышимого диапазона.

В любом случае, такой шум следует считать сверхширокополосным. При этом, кроме общего фоновых шума обычно имеется множество непостоянных узкополосных амплитудных выбросов, относящихся к разным частотам, что, безусловно, затрудняет обработку полученной информации.

Сложность обработки заключается в следующем. При традиционных измерениях шумомер фактически представляет собой микрофонный датчик и вольтметр, индикатор которого отградуирован в децибелах. Применяемые электрические фильтры используются для измерения уровней звукового давления в октавных или, иногда, долеоктавных (как правило - третьоктавных) полосах частот. Размер выбранного диапазона и соответствующие этим диапазонам средневзвешенные частоты определяются рядом R10 по ГОСТ Р 53188.1-2008 [4]. В случае использования октавных диапазонов измерения проводят на среднегеометрических частотах 31,5; 63; 125; 250; 500; 1000; 2000; 4000 и 8000 Гц.

Такой принцип измерения заведомо вносит определенную погрешность, поскольку любой вольтметр независимо от того аналоговый он или цифровой, показывает усреднённое значение напряжения (амплитуды).

Практическая оценка такой ошибки может быть проиллюстрирована приведённым в [5] срезом одной из мгновенных спектрограмм, характеризующих шумовую обстановку на улицах Муром (рис. 1.).

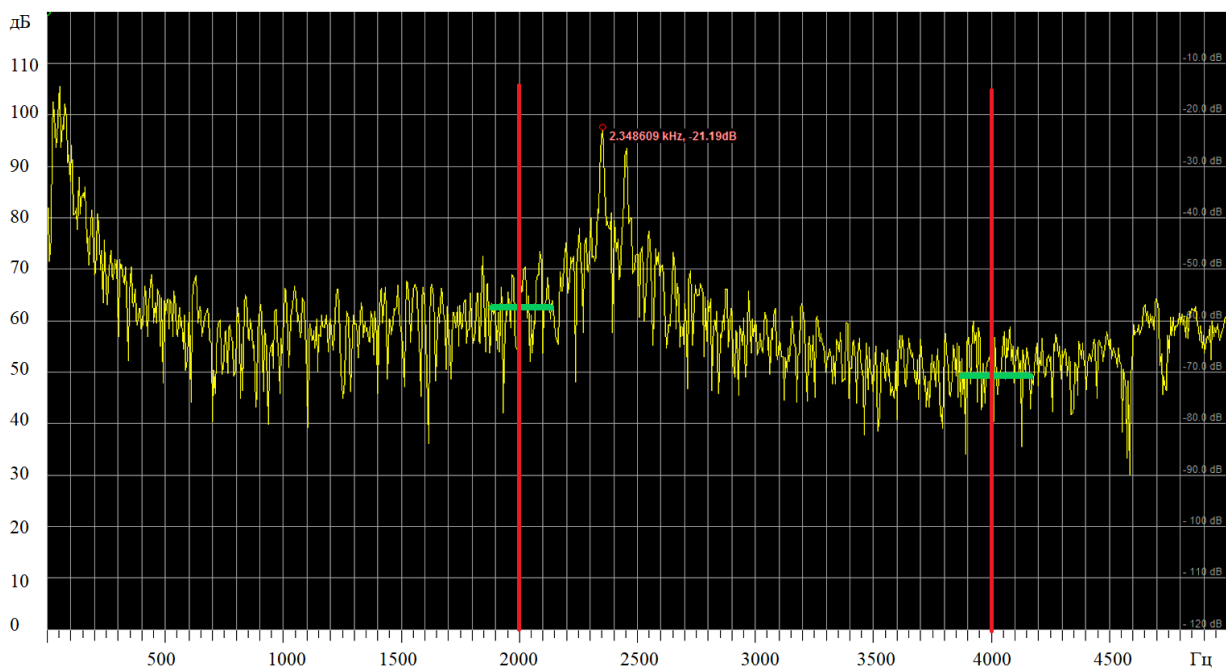


Рис. 1. Мгновенный срез спектрограммы

Вертикальными линиями выделены центральные частоты f_{2000} и f_{4000} для обычного шумомера с октавными фильтрами, в которые попадает участок с амплитудным всплеском. Горизонтальными линиями показаны усреднённые значения амплитуд на данных частотах, т.е. именно те значения, которые и зафиксируются обычным шумомером.

Из этой спектрограммы видно, что на частотах 2350 и 2450 Гц имеются «всплески» с уровнем звукового давления, соответственно, 98 и 94 дБ. А средний уровень шума на средневзвешенной частоте 2000 Гц порядка 63 дБ. Следовательно, разница между

максимальным уровнем и средним значением составляет порядка 35 и 31 дБ, соответственно.

Если учитывать, что характеристики полосовых фильтров шумомеров неидеальны, то следует учитывать «проникновение» части шумов, соответствующих соседним частотам, и их участие в установлении среднего значения уровня звукового давления (УЗД) на центральной частоте.

Целью работы является оценка точности фиксации узкополосных импульсных всплесков на фоне широкополосных акустических шумов при измерении УЗД в октавных диапазонах.

Методика измерений и оборудование

Проведение измерений такого рода требует создания изолированной, в акустическом смысле, среды, в которой создаётся акустическое поле с требуемой АЧХ и применение соответствующего контрольно-измерительного оборудования. Также, исходя из выбранного оборудования требуется решение методических вопросов.

Для проведения измерений использовалась лабораторная акустическая камера вертикального расположения, описание которой дано в [6]. Поскольку измерения планировалось проводить с учётом реальной АЧХ и АЧХ полосовых фильтров шумомера, предварительно была проведена работа по восстановлению подробной амплитудно-частотной характеристики камеры, поскольку имеющаяся АЧХ была основана на значениях УЗД в третьоктавных полосах частот. Результаты этой работы представлены в [7].

Получение более подробной АЧХ камеры было необходимо для компенсации неравномерности АЧХ самой камеры при установлении реальной АЧХ фильтров шумомера.

Источник акустического сигнала – встроенная в нижнюю часть камеры акустическая система, усилитель низкой частоты и генератор белого шума. Измерительный прибор – шумомер I класса «Ассистент». Микрофон располагался в верхней части камеры. Измерения основывались на получении АЧХ шумомера применительно к каждой из средневзвешенных частот. Т.е. анализировались характеристики полосовых фильтров шумомера.

Поскольку, как отмечалось, АЧХ камеры неравномерна, оценка проводилась по разности исходного и зафиксированного сигнала

$$\Delta L_f = L_{fAЧХ} - L_{fШ},$$

где $L_{fAЧХ}$ – УЗД исходного сигнала на частоте f ; $L_{fШ}$ – УЗД на частоте f по результатам измерения. Для каждой октавной полосы весь диапазон разбивался на ряд поддиапазонов, для каждой средней точки находилась поправка, восстанавливающая истинное значение АЧХ фильтра (с учётом реальной АЧХ камеры). Т.о., для анализа использовалось разностное значение ΔL_f для каждой точки, характеризующее изменение (уменьшение или увеличение) УЗД в каждой конкретной ситуации в сравнении с исходным уровнем.

Результаты измерений и анализа

В результате проведения измерений о соответствующей обработке данных были получены АЧХ полосовых фильтров шумомера.

На рис.2 показана АЧХ на средневзвешенной частоте 2000 Гц. Красной вертикальной линией показана частота 2000 Гц, коричневыми – частоты 2350 и 2450 Гц, о которых шла речь выше.

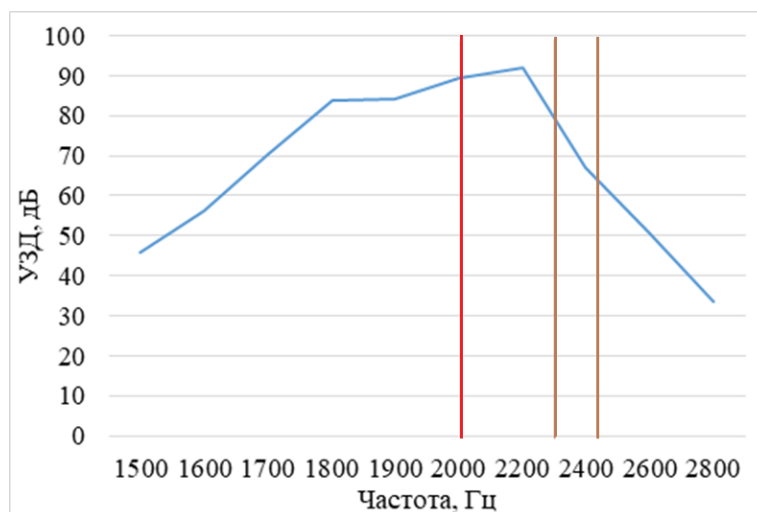


Рис. 2. АЧХ полосового фильтра для частоты 2000 Гц

Таким образом на экспериментальном уровне было определено, что отмеченные амплитудные всплески на частотах 2350 и 2450 Гц. будут зафиксированы данным шумомером не в полной мере. Как следует из проведённых вычислений, имеющийся амплитудный всплеск на частоте 2350 Гц, превышающий УЗД на частоте 2000 Гц на 35 дБ, и аналогичный всплеск на частоте 2450 Гц, имеющий превышение 31 дБ, будут зафиксированы следующим образом: на уровне 18,7 дБ вместо 35 дБ на частоте 2350 Гц и 4,4 дБ вместо 31 дБ на частоте 2450 Гц. Это означает, что потери информации на частотах, отличающихся от средневзвешенных достигают значительных значений.

Выводы

Таким образом, можно сделать вывод о том, что принятая методика измерений УЗД акустических шумов, предусматривающая проведение измерений в октавном режиме с фиксацией значений на средневзвешенных (среднегеометрических) частотах не позволяет эффективно учесть постоянные или импульсные проявления шумовой активности на частотах, отстоящих от средних частот.

Сделан вывод о необходимости продолжения исследований и возможном внесении изменений в принятые методики измерений УЗД акустических шумов.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 23-29-10100, <https://rscf.ru/project/23-29-10100/>.

Литература

1. City of Vancouver Noise Control Manual. –В.С. Victoria: Wakefield Acoustic Ltd., 2004. – 72 р.
2. Харченко С.В. Влияние рельефа городской территории на формирование акустической обстановки: эксперимент и моделирование / Вестник ВГУ, Серия: География. Геоэкология, 2016, № 3. С.26-34.
3. Кириллов И.Н., Булкин В.В., Щёлокова (Хромулина) Т.Д. Мониторинг акустического загрязнения локальной урбанизированной территории // Методы и устройства передачи и обработки информации, №18, 2016. – С. 17-21.

4. ГОСТ Р 53188.1-2008. Шумомеры. Часть 1. Технические требования. - М.: Стандартиформ, 2009. - 32 с.
5. Булкин В.В., Кириллов И.Н. Анализ возможного распространения акустического загрязнения в жилых зонах / Методы и устройства передачи и обработки информации, № 16, 2014 - с. 35-40.
6. Зайцев А.В., Пузырёв В.И., Шеронова Т.С., Булкин В.В. Модернизация лабораторной акустической камеры / Методы и устройства передачи и обработки информации. № 20, 2019 - с. 14-20.
7. Савин М.Е., Булкин В.В. Восстановление АЧХ лабораторной акустической камеры / Методы и устройства передачи и обработки информации, 2022, Вып. 24. С.85-88.