

Некоторые результаты применения пассивного канала пассивно-активной системы мониторинга урбанизированного пространства

И.Н. Кириллов, В.В. Булкин

*Муромский институт (филиал) Владимирского государственного университета
602264, Муром, ул. Орловская, 23.*

E-mail: dedvanya@mail.ru

В докладе рассмотрена модель пассивно-активной акустолокационной системы эколого-метеорологического назначения. Обоснована структурная схема пассивного канала рассматриваемой системы. Приведены результаты контроля уровня акустического шума на улицах города Мурома. Сделаны выводы о необходимости учёта импульсных акустических сигналов.

The report the model of passive and active of acoustic radar ecological and meteorological system appointment is considered. The block diagram of the passive channel of considered system is proved. Results of control of level of acoustic noise are given in city streets Murom. Conclusions are drawn on need of the accounting of pulse acoustic signals.

По мере расширения технологических возможностей человечества последнему приходится сталкиваться с всё большим числом вызовов, порождённых самим развитием техники. К числу таких проблем, вызванных деятельностью человека, относится всё возрастающее шумовое воздействие на окружающую человека среду, на самого человека. Контроль этого воздействия и разработка мероприятий по снижению уровня шума требуют организации постоянного мониторинга акустошумового загрязнения, а, следовательно, и разработки методов и средств контроля, обеспечивающих проведение измерений и прогнозирования с достаточной точностью.

Классификация шумов, действующих на человека, производится по их спектральным и временным характеристикам. Методы оценки шума зависят в первую очередь от его характера. В настоящее время основным является метод оценки постоянного шума с оценкой в уровнях звукового давления в октавных полосах частот со среднегеометрическими частотами.

Целью доклада является предварительный анализ точности результатов контроля акустического шума на урбанизированной территории при различных вариантах реализации измерительного канала.

Анализ проводился по первым результатам контроля акустошумовой обстановки в характерных зонах города Мурома.

Пассивно-активная система мониторинга строится на совмещении двух видов информации: экологической, характеризующей состояние среды по интересующему потребителя показателю (загрязнителю), и метеорологической, позволяющей прогнозировать возможность и направление распространения этого загрязнения [1]. Состав регистрируемых видов и показателей загрязнения может определяться конкретными условиями контролируемой территории. Её получение обеспечивается пассивным каналом (ПК). С практической точки зрения ПК является многоканальным (МПК), подключаемым к выбранному набору соответствующих датчиков.

Метеорологическая информация представляет собой данные о скорости и направлении ветра, а также об интенсивности осадков (при их наличии). Её получение обеспечивается активным каналом, реализованным на принципе активной локации, т.е. излучении зондирующего сигнала, приёме сигнала отражённого и соответствующей его обработке.

При проведении предварительного исследования зашумленности на основных автомагистралях, измерительный канал системы моделировался на основе двух методов измерения. Первый метод основан на использовании обычного шумомера марки ВШВ-003. Такой шумомер состоит из измерительного микрофона, усилителя, набора корректирующих фильтров, детектора, интегратора (для интегрирующих шумомеров) и индикатора.

Фактически шумомер представляет собой микрофонный датчик и вольтметр, индикатор которого отградуирован в децибелах. Электрические фильтры применяются для обеспечения измерений в соответствии с выбранной формой частотной характеристики, а также для измерения уровней звукового давления в октавных или третьоктавных полосах частот.

Такой принцип измерения заведомо вносит определённую погрешность, поскольку любой вольтметр независимо от того аналоговый он или цифровой, показывает усреднённое значение напряжения (амплитуды) в измеряемой полосе частот ряда R10 (ГОСТ Р 53188.1-2008).

Второй метод базируется на применении измерительного канала, построенного с использованием аналого-цифрового преобразователя (АЦП) и программно-аппаратного комплекса, обеспечивающего алгоритм быстрого преобразования Фурье (БПФ).

В первом случае в качестве датчика использовался микрофонный капсюль МК-265 с предусилителем ПМ-101. Обзор результатов контроля был представлен в [2].

Во втором случае был применён конденсаторный микрофон МРА-216 с встроенным микроэлектронным предусилителем заряда. Структурная схема измерительного канала показана на рисунке 1.

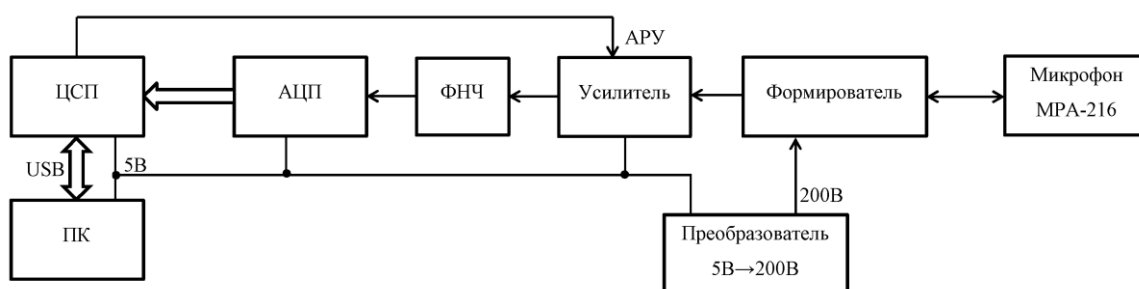


Рис. 1. Функциональна схема устройства.

Формирователь преобразует высокоимпедансный зарядовый сигнал с микрофонного датчика в низкоимпедансное напряжение для последующей передачи и обработки. Усилитель имеет функцию автоматической регулировки усиления АРУ, которая управляется цифровым сигнальным процессором ЦСП (с интерфейсом USB), что позволяет значительно расширить динамический диапазон измерений. Для защиты полезного сигнала от высокочастотных помех применён фильтр низких частот ФНЧ. Центральный сигнальный процессор выполняет функцию управления АРУ, а так же обеспечивает обработку данных, полученных с выхода АЦП.

Имеется возможность работы, как от внешнего источника питания, так и от USB-порта компьютера [3].

Главное достоинство устройства в сравнении со стандартной схемой измерения шумомером заключается в том, что переход от амплитудно-временной характеристики к амплитудно-частотной реализуется на аппаратном уровне алгоритма БПФ. Использование БПФ даёт возможность наблюдать и отслеживать не средние значения в заданной полосе частот, как это и происходит в стандартных шумомерах, а

узкополосные амплитудные всплески на различных частотах, зачастую находящихся на краях октавного диапазона. Кроме того, рассматриваемый измерительный канал позволяет с большей, чем в стандартной схеме, точностью определить значения частоты и амплитуды пиков.

На рисунке 2 приведена фотография одной из спектрограмм уличного шума, где непостоянные шумы наиболее выражены и имеют большую амплитуду.

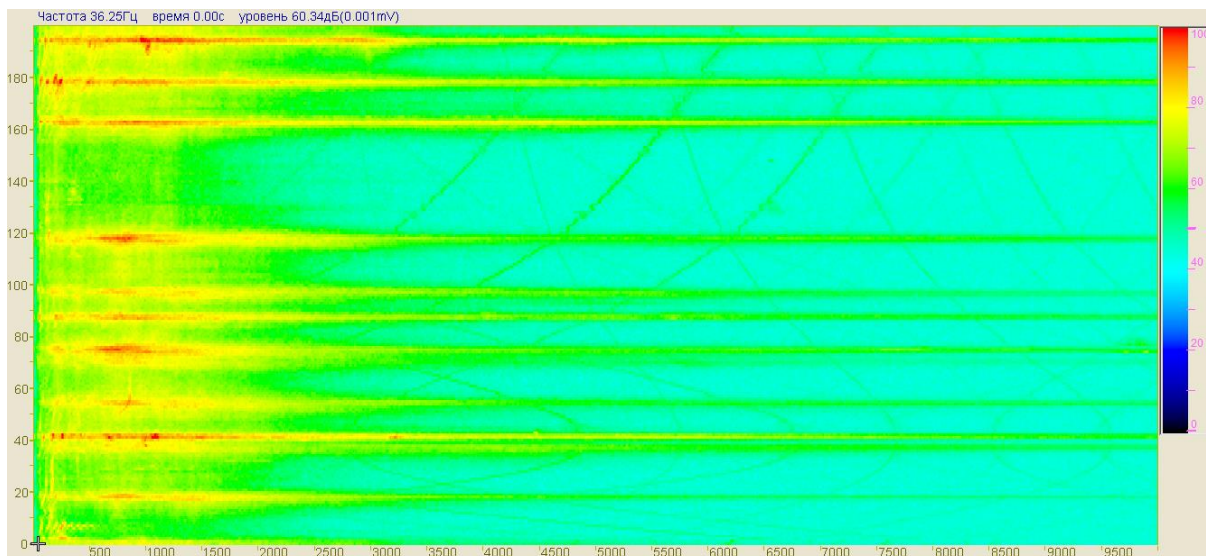


Рис. 2. Спектрограмма уличного шума.

Как видно из рисунка 2, в шумовой спектрограмме, записанной на одной из улиц города, кроме общего фоновых шума присутствует множество узкополосных амплитудных выбросов (ярко красные пятна). На рисунке 3 приведён срез одной из спектрограмм.



Рис. 3. Срез спектрограммы.

Из рисунка 3 видно, что узкополосные амплитудные всплески находятся на разных частотах и в среднем имеют амплитуду значительно больше, чем амплитуда постоянно присутствующего шума.

Реализация алгоритма измерения акустического шума обычным шумомером, отвечающая техническим требованиям ГОСТ Р 53188.1-2008 (на примере зафиксированного спектра) показана на рисунке 4.

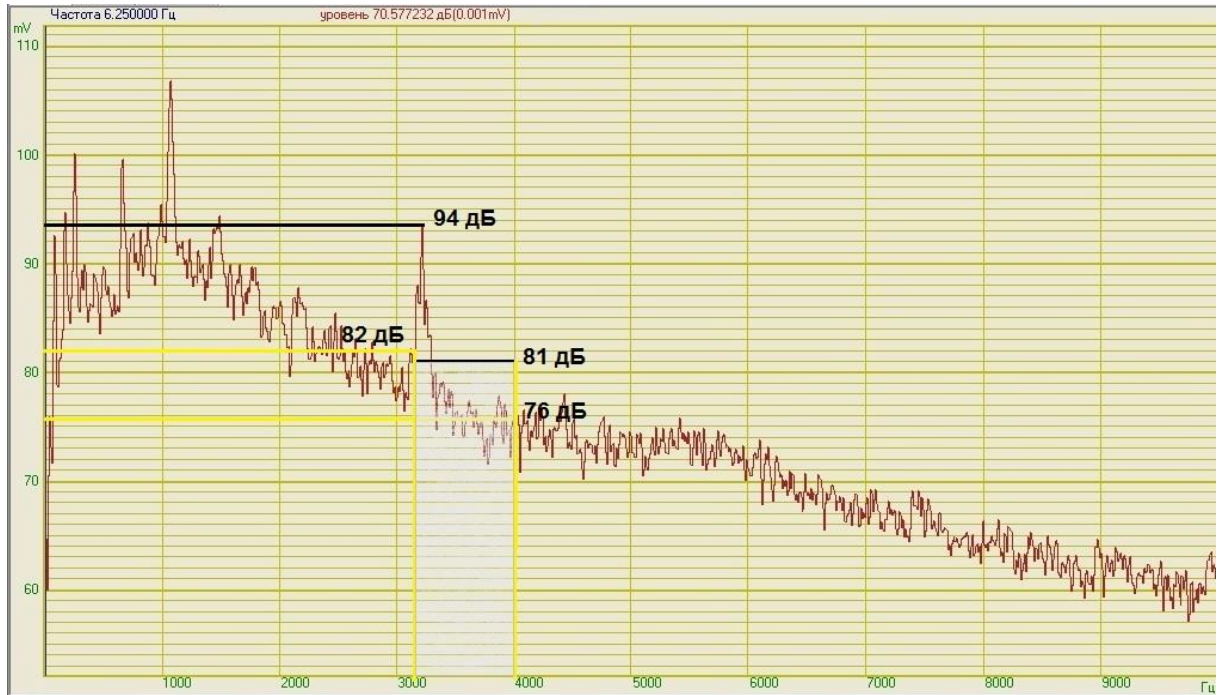


Рис. 4. Реализация алгоритма измерения акустического шума обычным шумомером на примере зафиксированного спектра шума (рис. 3).

На рисунке 4 вертикальными линиями выделены граничные полосы частот для шумомера с третьоктавным фильтром, в которые попадает участок с амплитудным всплеском. Отметим его в поддиапазоне от 3150 Гц до 4000 Гц, согласно ряду R10. Горизонтальной линией показано усреднённое значение амплитуды в данном диапазоне, т.е. именно то значение, которое и зафиксировается обычным шумомером.

Из рисунка видно, что разница между амплитудой всплеска и средним значением, которую не зафиксировует шумомер, составляет порядка 13 дБ.

Известно, что затухание звука чистого тона характеризуется: затуханием из-за геометрической дивергенции (из-за расхождения энергии при излучении в свободное пространство) A_{div} ; затуханием из-за звукопоглощения атмосферой A_{atm} ; затуханием из-за влияния земли A_{gr} ; затуханием из-за экранирования A_{bar} ; затуханием из-за влияния прочих эффектов A_{misc} [см. ГОСТ 31295.1-2005]

$$A = A_{div} + A_{atm} + A_{gr} + A_{bar} + A_{misc} \quad (1)$$

Затухание из-за звукопоглощения в атмосфере на расстоянии d от источника шума определяют по формуле

$$A_{atm} = \frac{\alpha d}{1000}. \quad (2)$$

Коэффициент затухания в атмосфере α определяется по формуле

$$\alpha = 8,686 \cdot f^2 \left(\left[1,84 \cdot 10^{-11} \left(\frac{P_a}{P_r} \right)^{-1} \left(\frac{\tau}{\tau_0} \right)^{\frac{1}{2}} \right] + \left(\frac{\tau}{\tau_0} \right)^{-\frac{5}{2}} \cdot \left\{ 0,01275 \left[\exp \left(\frac{-2239,1}{\tau} \right) \right] \left[f_{r0} + \left(\frac{f^2}{f_{r0}} \right)^{-1} \right] + 0,1068 \left[\exp \left(\frac{-3352,0}{\tau} \right) \right] \left[f_{rN} + \left(\frac{f^2}{f_{rN}} \right)^{-1} \right] \right\} \right). \quad (3)$$

Исходя, из этой формулы (с учётом всех входящих в соотношение составляющих) можно рассчитать зависимость коэффициента затухания в атмосфере от частоты при нормальных условиях (температура воздуха 293,15 К (20°C), влажность 70%, давление 101,325 кПа (1 атм.)).

Согласно формуле (3) затухание звука α на данной частоте в атмосфере при нормальных условиях составит приблизительно 11,8 дБ/км. Тогда, с учётом выявленной погрешности в 13 дБ, ошибка оценочных расчётов распространения звука на местности составит

$$(13 \text{ дБ}) / (11,8 \text{ дБ/км}) = 1,1 \text{ км.}$$

Погрешность расчёта распространения шума на местности расстоянием примерно в 1 км, в условиях города, является недопустимой.

Спектральный анализ зафиксированных шумовых срезов показал, что относительно большой процент всех шумов составляют непостоянные, в том числе непродолжительные узкополосные амплитудные всплески, уровень которых, по напряжению, доходит до 20-30 дБ от уровней постоянного шума.

Применение предложенного подхода позволяет говорить о повышении точности прогноза распространения шума на местности, более правильном учете влияния шумов на психофизиологическое состояние человека, обеспечении оптимальных защитных решений организационно-планировочного характера, что в итоге даёт возможность предпринять наиболее эффективные меры по повышению уровня акустического комфорта городов и мегаполисов.

В целом использование методики полного спектрального анализа позволяет получить более точную и достоверную информацию об акустической обстановке на улицах города.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ 12-08-31434

Литература

1. Булкин В.В., Беляев В.Е., Кириллов И.Н. Модель пассивно-активной акустолокационной эколого-метеорологической системы / Проектирование и технология электронных средств, 2011, №1. –С.16-19.
2. Кириллов И.Н., Калинин М.В., Панова М.С. О точности анализа акустических шумов в урбанизированном пространстве // II Всероссийские Армандовские чтения [Электронный ресурс]: Радиофизические методы в дистанционном зондировании сред / Материалы V Всероссийской научной конференции (Муром, 26-28 июня 2012 г.). – Муром: Изд.-полиграфический центр МИ ВлГУ, 2012. –С.418-421. ISSN 2304-0297 (CD-ROM).
3. 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.