

Оценка некоррелированных акустических шумов

В.В. Булкин

Муромский институт Владимирского государственного университета
602264, г. Муром, ул. Орловская, 23
E-mail: lwb-kipra@mail.ru.

Предложена система, обеспечивающая получение оценки ослабления акустических сигналов при распространении в городской среде. Предусмотрен полноспектральный режим измерений во всём звуковом диапазоне при наличии двухканальной схемы измерения. Оценка даётся с учётом времени задержки сигнала при распространении по трассе, обусловленной конечностью скорости распространения звука в воздушной среде. Величина ослабления определяется по разности принятых по каждому из каналов сигналу. Дана оценка точности измерений.
Ключевые слова: акустический сигнал, полноспектральный режим обработки, радиосигнал

Evaluation of uncorrelated acoustic noise

V.V. Bulkin

Murom Institute of Vladimir State University.

A system is proposed that provides an estimate of the attenuation of acoustic signals during propagation in an urban environment. A full-spectrum measurement mode is provided for the entire audio range with a two-channel measurement circuit. The estimate is given taking into account the delay time of the signal during propagation along the path, due to the finite speed of sound propagation in the air. The amount of attenuation is determined by the difference between the signals received on each channel. The measurement accuracy is estimated.
Keywords: acoustic signal, full-spectrum processing mode, radio signal

Введение

Распространение акустических волн в городской среде – сложный и недетерминированный процесс. Источниками акустических сигналов могут быть как транспортные средства, так и строительные или иные производственные работы. Особый интерес в таких случаях имеет оценка их распространения вглубь жилой зоны города.

Применяемое в настоящее время контрольно-измерительное оборудование оценки акустических сигналов (шумомеры) достаточно разнообразно по исполнению, по классу измерений, по возможностям и т.д. Однако в целом, с классической точки зрения, шумомер представляет собой измерительную систему, в которой функции датчика выполняет микрофон, имеется усилитель, набор полосовых фильтров, а результат отображается либо с помощью стрелочного прибора, либо цифрового табло. Оценка осуществляется либо в среднем по всему диапазону, либо на среднегеометрических частотах октавных диапазонов. Более сложные системы обеспечивают проведение одномоментных измерений в октавных (долеоктавных) диапазонах, позволяя сохранять результаты измерений, осуществлять встроенную и компьютерную обработку полученной информации.

Использование таких систем для контроля уровня звукового давления в конкретных точках помещений или открытых пространств обеспечивает достоверную (в

соответствии с классом прибора) информацию об уровне шума, распределении уровней звука на основных частотах диапазона.

Однако с практической точки зрения в городской среде имеет анализ характера распространения звука от источника до той или иной зоны территории. Связано это с проблемами обеспечения комфортных условий жизни. Например, в зонах расположения детских учреждений, больниц, домов отдыха и т.п. уровень акустических сигналов не должен превышать установленных значений. Оценка ослабления звуковой волны по пути распространения от источника до такого объекта задача, которая становится всё более важной с современных условиях урбанизации.

Цель работы – построение системы оценки ослабления звука по трассе распространения.

Построение измерительной системы

Оценка и сопоставление сигналов в удалённых друг от друга зонах предусматривает наличие как минимум двухканальной системы измерений. Такие системы могут обеспечить оценку ослабления уровня сигнала при распространении от источника до рабочей точки в случае нестабильных или неповторяющихся импульсных шумов, наиболее характерных для городской среды.

Практически все общеприменяемые в настоящее время переносные шумомеры являются одноканальными. Исключение составляет двухканальный шумомер - анализатор спектра SV 102, обеспечивающий одновременное проведение измерений по двум каналам. Однако его назначение – оценка бинаурального эффекта при сложении/вычитании сигналов, поступивших в органы слуха человека [1].

Кроме того, при применении такой двухканальной системы при исследованиях в городской среде требует «разнесения» датчиков – микрофонов - на значительные расстояния. Такое построение возможно либо с использованием длинного кабеля, либо с передачей сигналов по радиоканалу в основной блок прибора на относительно большие расстояния.

Использование проводной связи требует решения совокупности проблем, в числе которых учёт затухания сигнала в кабеле, защита от возможных деформаций или повреждений (например, колёсами движущегося автотранспорта при прокладке провода через дорогу) и возникновения в результате таких деформаций «дребезга» или шумов, и т.п.

Использование радиосвязи снимает вопросы, возникающие в связи с качеством проводной связи (кабеля), однако требует решения совокупности других проблем, таких, как выбор частоты передачи сигнала, мощности передатчика, обеспечения достоверности результатов или погрешности измерений.

Разработанный в МИ ВлГУ двухканальный измерительный прибор использует передачу сигналов именно по радиоканалам. Структурная схема представлена на рис. 1. [2].

Принцип работы схемы заключается в следующем. Акустический сигнал от некоего источника воспринимается первым микрофоном (МК1), установленным рядом с местом возникновения шума, преобразует его в электрический сигнал и передаёт в устройство передачи информации (УПИ1). После усиления и преобразования в модуляторе сформированный таким образом сигнал усиливается и излучается в окружающую среду (РС1).

По достижении данным сигналом второго микрофона (МК2) он также преобразуется в электрический сигнал и после аналогичных преобразований в УПИ2 в виде радиосигнала РС2 тоже излучается в окружающую среду.

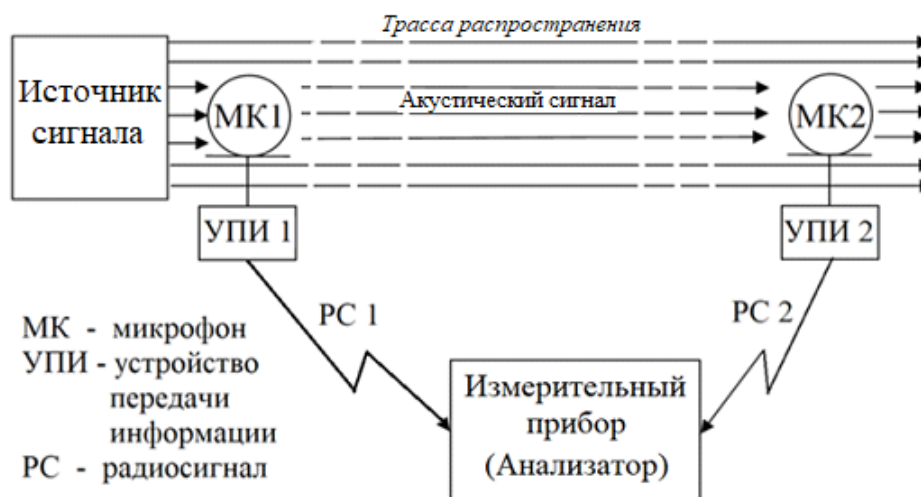


Рис. 1. Общая структура схемы измерения

Оба сигнала принимаются приёмными антеннами приёмников ПР1 и ПР2, где после демодуляции и усиления поступают в анализатор. В последнем вычисляются спектры обоих сигналов и находится их разность.

Анализатор получаемой информации

Важной частью системы является модуль анализатора. Задачей его является вычисление спектра сигналов, поступающих с ПР1 и ПР2, а также нахождение разностного спектра, который и должен характеризовать величину затухания сигнала.

В отличие от существующих шумомеров, где измерения возможны либо в октавных, либо в долеоктавных диапазонах, данная система обеспечивает полноспектральность проведения измерений. Необходимость полноспектрального анализа обусловлена тем, что, как показано в [3], потеря информации в случае несовпадения импульсного «вплеска» на частоте, не совпадающей с центральной частотой измерительного поддиапазона прибора, может быть существенна (в рассматриваем примере [3] она превышает 20 дБ).

Программа реализована с использованием графического языка объектно-ориентированного программирования GOOP среды LabView, что обеспечивает проведение измерений в реальном времени. Принятые сигналы обрабатываются с помощью быстрого преобразования Фурье. По каждому каналу формируется массив данных, характеризующих спектр сигнала. Вычисление среднего разностного спектра осуществляется по действующим методикам оценок уровней звукового давления через соотношение

$$\Delta L_{\text{ср}} = L_{\text{ср}}^1 - L_{\text{ср}}^2, \quad (1)$$

где $L_{\text{ср}}^1$ и $L_{\text{ср}}^2$ – соответственно, средние значения спектров по первому и второму каналам измерения, выраженные в децибеллах. Из 3-х сформированных массивов формируется двумерный массив из 30 строк, который может быть сохранён в файле в виде электронной таблицы.

Дана оценка точности измерений [4]. Изменение абсолютной погрешности измерений лежит в диапазоне $-0,25 \leq \Delta x_i \leq 0,65$. Истинное значение УЗД калибровочного сигнала с надёжностью (вероятностью) $P=0,95$ лежит в доверительном интервале $\pm 0,1834$ дБ.

Общее описание программы представлено в [2].

Программа учёта задержки сигнала

При проведении измерений по оценке затухания акустического сигнала в городской среде необходимо учитывать задержку сигнала, обусловленную конечностью скорости его распространения по трассе. В результате образуется разность времени прихода к МК1 и МК2 одного и того же сигнала. Время задержки поступления одного и того же акустического сигнала в микрофоны, разнесённые по трассе, определяется исходя из соотношения

$$\tau = \frac{l}{c}, \text{ сек,} \quad (2)$$

где c – скорость распространения звуковой волны в приземном слое атмосферы при нормальных климатических условиях, $c = 341$ м/сек; l – расстояние между микрофоном 1 и микрофоном 2, м. С учётом стандартной (при температуре 20°C) скорости распространения [5] перемещение звуковой волны на расстояние, например, в 1 км займёт почти 3 секунды, на 100 м – почти 0,3 секунды. Очевидно, что при определении величины ослабления (затухания) сигнала необходимо вводить соответствующую поправку, увязанную с расстоянием между микрофонами.

Программа, реализующая все выше перечисленные принципы проведения измерений, представлена на рис. 2. [6]. Учёт времени задержки сигнала по второму каналу осуществляется с учётом вычисления времени задержки по формуле (2). Если характер шума определяется как однозначно постоянный, возможна установка значения $\tau=0$. Нахождение разности сигналов (т.е. вычисление уровня ослабления (затухания) сигнала) – по формуле (1).

Заключение

Предложена система оценки ослабления акустических сигналов, обеспечивающая полноспектральный режим измерений во всём звуковом диапазоне. Система построена с обеспечения возможности проведения измерений посредством двух микрофонов, устанавливаемых в зоне расположения источника сигналов и в зоне оценки этого сигнала при распространении его по некой трассе. Проводится полноспектральная обработка поступающих сигналов с определением разности, характеризующей ослабление (затухание) при распространении по трассе. Разработана программа, обеспечивающая учёт задержки сигнала по трассе распространения, обусловленной ограниченностью скорости распространения акустического сигнала. Дана оценка точности измерений.

Литература

1. SV 102 — Двухканальный шумомер, дозиметр шума, анализатор спектра / Алгоритм Акустики. -Режим доступа: <https://algoritm.ru/>
2. Булкин В.В., Козлов С.С. О построении портативной системы оценки затухания акустического сигнала при распространении вглубь жилых зон / Естественные и технические науки, № 12 (187), 2023. С.23-28.
3. 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.
4. Булкин В.В., Козлов С.С., Молчанов Я.Д., Ермакова А.Ю. Возможности калибровки системы дистанционной оценки акустических сигналов в городской среде / Всероссийские открытые Армановские чтения: Современные проблемы дистанционного зондирования, радиолокации, распространения и дифракции волн // Материалы Всероссийской открытой научной конференции. –Муром: МИ ВлГУ, 2024. – С.518-521.
5. Иванов Н.И. Инженерная акустика. Теория и практика борьбы с шумом: учебник. – М.: Университетская книга, Логос, 2008. – 424 с.

6. Программа для ЭВМ RU 2023686394. Двухканальная программа анализа некоррелированных по времени акустических сигналов / Булкин В.В. Опул.: 7.11.2024. Бюл. № 11.

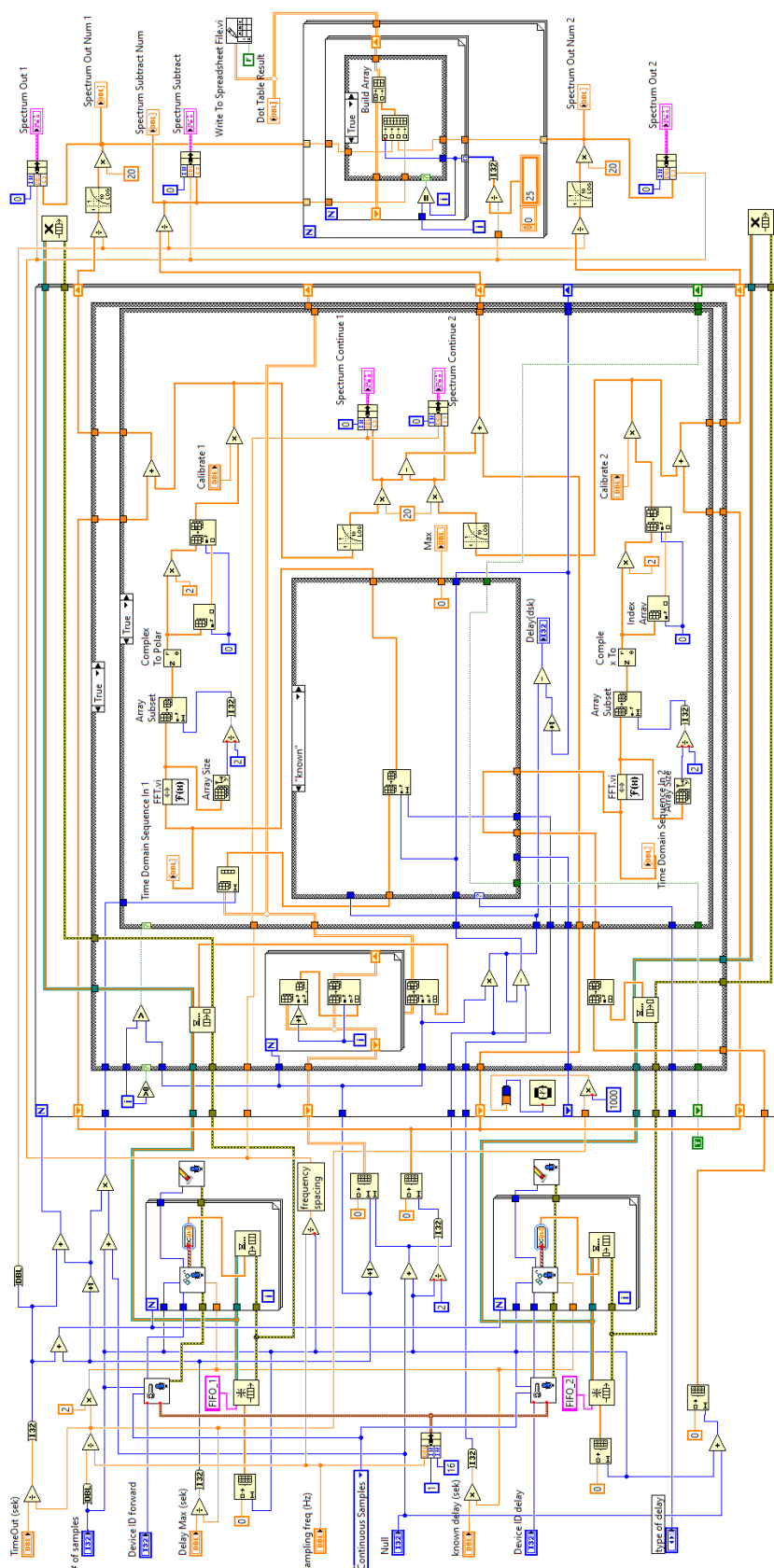


Рис. 2. Структура программы двухканального анализа спектров звуковых сигналов