

## СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МОБИЛЬНЫХ ПРИЛОЖЕНИЙ ДЛЯ СПЕКТРАЛЬНОГО ИССЛЕДОВАНИЯ ШУМА

*Д.С. СЕРГУЦКИЙ, В.Ф. ГРИГОРЬЕВ*

*Брестский государственный технический университет,  
г. Брест, Республика Беларусь*

*Приведены принципы работы анализаторов спектра шума, использующих быстрое преобразование Фурье. Выполнено сравнение характеристик мобильных приложений анализаторов спектра для iOS и Android.*

Разработка систем контроля технического состояния механических систем, в том числе металлорежущих станков по параметрам шумовых характеристик является актуальной задачей. Такие системы позволяют производить оценку состояния оборудования, как при приемо-сдаточных испытаниях, так и при периодических.

**Аппаратура для измерения шумовых характеристик станков.** При измерении шумовых характеристик обычно ограничиваются использованием корректировочной частотной характеристики А шумомера, моделирующей особенности восприятия шума человеческим ухом. В качестве аппаратуры для измерения уровней звука и октавных уровней звукового давления используют шумомеры не ниже 2-го класса в соответствии с ГОСТ 17187-2010 «Шумомеры. Общие технические требования и методы испытаний» [1]. Перспективным представляется использование в качестве приборов для измерения и анализа шума мобильных устройств связи (смартфонов) для экспресс-анализа состояния оборудования в цеховых условиях [2].

**Принцип работы и основные характеристики анализаторов спектра шума.** Традиционно звук представляется в виде осциллограммы, отображающей форму звуковой волны, то есть зависимость амплитуды звука от времени. Такое представление позволяет увидеть основные события в звуке, такие как изменения громкости, паузы между различными процессами работы технологического оборудования. Но одновременное звучание нескольких источников на осциллограмме "смешивается" и визуальный анализ сигнала становится затруднительным. Тем не менее, наше ухо без труда различает отдельные источники звука при работе оборудования. Это происходит благодаря тому, что звуковое колебание попадая на барабанную перепонку уха с помощью серии слуховых косточек передаётся на орган, называемый улиткой. Улитка представляет собой трубку переменного сечения, закрученную в спираль. Когда сложное колебание поступает на край улитки, это вызывает от-

ветные колебания разных частей улитки. При этом резонансная частота у каждой части улитки своя. Таким образом, улитка раскладывает сложное звуковое колебание на отдельные частотные составляющие. В результате в мозг поступает информация о звуке, уже разложенная по частотам, и человек легко отличает высокие звуки от низких [3]. В производственных условиях разложение звука на частоты помогает различить отдельные источники шума при работе технологического оборудования.

Первые звуковые анализаторы спектра разделяли сигнал на частотные полосы с помощью набора аналоговых фильтров. Применение таких анализаторов в оценке состояния оборудования ограничено, так как может давать представление только лишь о текущем состоянии оборудования без представления его в динамике. Полосовые анализаторы спектра могут применяться для контроля АЧХ (амплитудно-частотной характеристики) системы по контрольным или предельным значениям. При этом анализатор, как и наше ухо, будет малочувствителен к узким провалам АЧХ (менее 1/3 октавы).

В большинстве современных анализаторов спектра звука используется быстрое преобразование Фурье (БПФ или FFT). Благодаря ему стало возможным анализировать спектр звуковых сигналов в динамике в том числе в режиме реального времени.

Для мониторинга состояния объекта возникает необходимость проследить, как спектр сигнала меняется во времени. Такое представление сигнала называется спектрограммой. С помощью спектрограммы можно найти и выделить из шума необходимый звук (износ, поломка и т.д.) и в дальнейшем распознавать его на спектрограмме с помощью нейронной сети.

Сравнительный анализ мобильных приложений анализаторов спектра. Проанализировав характеристики приложений в общем доступе, было выбрано несколько вариантов для операционных систем Android и iOS.

**«Октавный анализатор звука»** – приложение подходит для работы с сигналами любого уровня сложности, обладает высокой точностью и скоростью работы.

**«Audio spectrum analyzer EQ Rta»** – приложение имеет множество дополнительных функций, которые обычно можно найти только в гораздо более дорогом программном обеспечении для анализа звука.

**«Spectroid»** – это анализатор, работающий с любыми звуковыми колебаниями, выполняя над ними быстрое преобразование Фурье и разбивая их на частотные составляющие.

**«Анализатор спектра звука» («SPL-анализатор»)** измеряет и анализирует уровень звукового давления и звуковой спектр частот в реальном времени с использованием БПФ.

Таблица 1. – Характеристики шумомера и мобильных приложений

Технические характеристики	Экофизика 110А-НФ	«Октавный анализатор звука»	«Audio spectrum analyzer EQ Rta»	«Spectroid»	«SPL-анализатор»
Частотная коррекция	A, C, Z	A	A	A	A
Диапазон измерения, дБ	22-140	22-140	22-140	22-140	22-120
Диапазон частот, Гц	1-500000	1-16000	1-25000	1-22000	30-14000
Частотные фильтры, октава	1/1, 1/3, 1/12	1/1, 1/3, 1/6	1/1, 1/3, 1/6, 1/12	1/1, 1/3, 1/6, 1/12	1/1, 1/3, 1/6
Режим спектрограммы	имеется	имеется	имеется	имеется	–

**Вывод.** Исходя из представленных характеристик наибольшими функциональными возможностями обладают приложения «Audio spectrum analyzer EQ Rta» для iOS и «Spectroid» для Android.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Машиностроение. Энциклопедия. Ред. совет: Фролов К.В. (пред.) и др. М.: Машиностроение. Металлорежущие станки и деревообрабатывающее оборудование. Т. 4-7 / Б.И. Черпаков, О.И. Аверьянов, Г.А. Адонян и др. Под ред. Б.И. Черпакова. – 2-е изд., испр. 2002. – 864 с.
2. Григорьев В.Ф. Оценка возможности применения мобильных устройств связи для проверки шумовых характеристик технологического оборудования / В.Ф. Григорьев, Ю.А. Дакало // Вестник БрГТУ. – 2019. – №4(117): Машиностроение. – С. 39-42.
3. Алдошина И.А. Основы психоакустики. Часть 1. // Звукорежиссер. – 1999. – № 6. – С. 3–6.