

сложившимся после завершения приработки поверхностей, а долговечность последующей эксплуатации пары трения связана с интенсивностью изнашивания в процессе приработки и тем самым со временем самой приработки, что говорит о целесообразности уже на стадии изготовления технологически обеспечивать оптимальные параметры качества поверхностного слоя.

#### **СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ**

1. Суслов, А.Г. Качество поверхностного слоя деталей машин / А.Г. Суслов – М. : Машиностроение, 2000. – 320 с.
2. Машина для испытания материалов на трение и износ 2070 СМТ-1 / Техническое описание и инструкция по эксплуатации 2.779.013-01 ТО -М.: МЗИО, 1981. - 69 с.

УДК 621.9-05

### **МОБИЛЬНАЯ ПРОВЕРКА ШУМОВЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ**

*Григорьев В.Ф., Дакало Ю.А.*

Брестский государственный технический университет  
Брест, Республика Беларусь

Шумовые характеристики оборудования являются объективным диагностическим сигналом его состояния, качества изготовления и сборки. С другой стороны, они определяют экологическую обстановку производственного помещения. Распространение высокоскоростной обработки, сопровождаемой шумами в неблагоприятном для слуха диапазоне, делает задачу контроля шумовых характеристик оборудования и металлоорежущих станков актуальной.

Современные мобильные устройства связи имеют полноценный шумоизмерительный тракт, а также вычислительные возможности для экспресс-определения стандартных шумовых характеристик станков.

В настоящей работе исследуются возможности мобильных устройств и приложений для проведения периодических шумовых испытаний технологического оборудования в цеховых условиях.

В качестве стандартных шумовых характеристик станков по ГОСТ 33972.5-2016 установлены октавные и скорректированный уровни звуковой мощности, октавные уровни звукового давления и уровни звука на рабочем месте оператора.

Помимо этих характеристик могут устанавливаться дополнительные, например, уровень звука в наиболее шумной точке на расстоянии 1 м от поверхности станка, или октавные уровни звукового давления и уровни звука в контрольных точках, располагаемых в местах наиболее частого присутствия персонала [1].

При измерении шумовых характеристик обычно ограничиваются использованием скорректированной частотной характеристики А шумомера, моделирующей особенности восприятия шума человеческим ухом. В качестве аппаратуры для измерения уровней звука и октавных уровней звукового давления используют шумомеры 2-го класса в соответствии с ГОСТ 17187-81.

При выборе условий проведения измерений шумовых характеристик большое значение имеет режим работы контролируемого станка. В отечественных стандартах предусматривается контроль на холостом ходу при наибольших рабочих скоростях всех приводов, одновременно работающих в процессе рабочего цикла, и контроль под нагрузкой при типовых условиях эксплуатации [1].

Во время приемочных и периодических испытаний станков на рабочем и холостом ходу нормируемыми шумовыми характеристиками являются октавные уровни звуковой мощности  $L_p$  и скорректированный уровень звуковой мощности  $L_{pA}$ . При измерении уровней звуковой мощности процедура разбивается на два этапа: измерение уровней звукового давления в точках, располагающихся вокруг станка, по стандартным схемам и пересчет этих данных.

Использование специализированных приборов для стандартизованного контроля уровня шума требует определенных финансовых затрат. Для контроля и сравнительного анализа шумовых характеристик станков на рабочих местах предлагается использовать мобильные устройства связи (смартфоны). На сегодняшний день существуют приложения для мобильных устройств, которые позволяют производить измерения уровня шума с последующим спектральным анализом. В таблице 1 приведены результаты сравнительного анализа характеристик шумомера Октава 110-А 1-го класса точности [2] и мобильных приложений.

Таблица 1 - Характеристики шумомера и мобильных приложений

Технические характеристики	Шумомер Октава-110А	Spectroid	Spectrum Analyzer	SPL Анализатор спектра звука
Диапазон измерения, дБА	22-139	30-140	22-139	22-139
Уровень собственных шумов при калибровочной поправке 0 дБА	10	18	24	12
Частотные фильтры	Октавный фильтр 31,5-16000 Гц	Октавный фильтр 31,5-16000 Гц	Октавный фильтр 31,5-12000 Гц	Октавный фильтр 30-14000 Гц
Динамический диапазон	$\geq 100$ дБ	$\geq 100$ дБ	$\geq 100$ дБ	$\geq 100$ дБ
Частотная коррекция	A,C,Z	A,C	A	A,C
Количество каналов измерения	1	1	1	3
Интерфейсы	Телеметрия, USB передача данных	Телеметрия, фотография экрана	Фотография экрана, передача данных по Bluetooth	Телеметрия, передача данных AUX, Bluetooth, фотография экрана

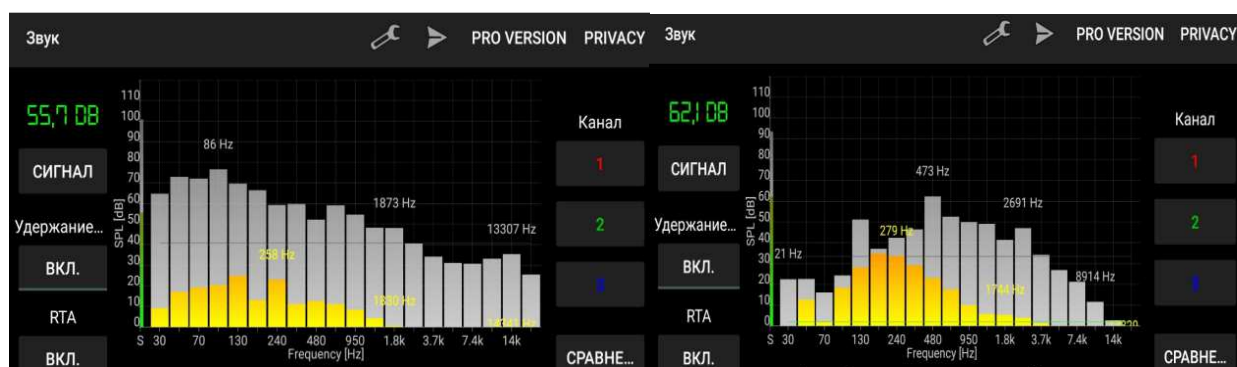
Анализ характеристик бесплатных версий мобильных приложений, имеющих в свободном доступе, показал, что выбранные приложения не уступают по возможностям шумомерам 1-го класса точности и могут использоваться для анализа и мониторинга шумовых характеристик эксплуатируемого оборудования.

Для проведения цеховых испытаний было принято приложение SPL Анализатор спектра звука. Данное приложение измеряет и анализирует уровень звукового давления (амплитуда в децибелах) и звуковой спектр частот в реальном времени (RTA) с использованием быстрого преобразования Фурье (БПФ). Результаты измерений могут быть записаны на 3 отдельных канала, пользователь может сравнить диаграммы частотных характеристик между каналами. Численные значения уровня звукового давления и спектрограмма выводятся непосредственно на дисплей мобильного устройства. Имеется возможность фиксации и сохранения данных в произвольный момент времени, а также сравнения результатов.

С целью подтверждения возможности применения мобильных приложений для анализа шума станков в условиях производства были произведены цеховые замеры уровня шума на холостом ходу токарно-винторезных станков КУСОН-3 (номинальная мощность электродвигателя  $P=7,5$  кВт) и D460 x 1000 DPA (номинальная мощность электродвигателя  $P=5,5$  кВт). Измерение уровня шума станка КУСОН-3 проводилось при частоте вращения шпинделя  $n=1000$  мин<sup>-1</sup>, станка D460 x 1000 DPA - при  $n=2000$  мин<sup>-1</sup>. Следует отметить, что испытания станка КУСОН-3 проводились не на максимальной частоте  $n=1600$  мин<sup>-1</sup> ввиду его изношенности.

Другое оборудование, кроме проверяемого, в момент проведения измерений не работало. Измерения производились мобильным устройством с операционной системой Android на расстоянии 1 м от поверхности станка.

Спектрограммы уровней звуковой мощности испытываемых станков для указанных условий представлены на рисунке 1.



а)

б)

Рисунок 1 – Спектрограммы уровней звуковой мощности станков КУСОН-3 (а) и D460 x 1000 DPA (б)

Полученные в результате измерений значения сравнивались с допустимыми уровнями звуковой мощности  $L_p$  (таблица 2).

Как видно из таблицы 2, уровень звуковой мощности не превышает допустимых значений.

Таким образом, результаты проведённых испытаний показывают возможность мониторинга технического состояния оборудования мобильными устройствами связи среднего уровня.

Таблица 2 – результаты измерений и допустимые значения шумовых характеристик станков

Модель станка	Уровни звуковой мощности $L_p$ , дБА, в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц							
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
КУСОН-3	73	79	60	63	65	60	64	71
D460 x 1000 DPA	24	51	45	63	51	45	35	25
Допустимые значения по ГОСТ 12.2.107-85	95	95	95	95	92	90	88	86

### СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Определение эквивалентных уровней звуковой мощности металлорежущих станков в процессе их эксплуатации. Методические рекомендации / Сост. М.П. Козочкин, В.Д. Кузнецов. М.: ЭНИМС. 1983. 27 с.

2. Приборостроительное объединение Октава-ЭлектронДизайн [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://www.octava.info/octava-110A> - Дата доступа: 07.04.2019.

УДК 621.833

## ВЛИЯНИЕ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ НА ОСТАТОЧНЫЙ РЕСУРС ЗУБЧАТЫХ ПРИВОДНЫХ МЕХАНИЗМОВ

*Дакало Ю.А.<sup>1</sup>, Ишин Н.Н.<sup>2</sup>, Гоман А.М.<sup>2</sup>, Скороходов А.С.<sup>2</sup>*

<sup>1)</sup> Брестский государственный технический университет,  
Брест, Республика Беларусь

<sup>2)</sup> Объединенный институт машиностроения НАН Беларуси  
Минск, Республика Беларусь

**Аннотация.** Показано, что существующие на современном этапе методики прогнозирования остаточного ресурса зубчатых передач основаны на использовании расчётных зависимостей, не учитывающих изменение фактических условий эксплуатации в процессе жизненного цикла узла. Обоснована необходимость создания и внедрения методики прогнозирования остаточного ресурса зубчатых приводов по вибрационным характеристикам, учитывающей влияние установленных при ремонтах деталей на изменение параметров вибраций и остаточный ресурс привода.

**Введение.** Сохранение функциональных свойств и безотказности работы машины в течение всего периода эксплуатации обеспечивается системой технического обслуживания и ремонта (ТОиР). Рациональная система ТОиР должна обеспечивать предупреждение всех видов отказов при наиболее полном использовании потенциальных сроков службы деталей и узлов оборудования. При этом на техническое состояние машины в той или иной мере оказывают влияние такие факторы, как тип и уровень системы технического обслуживания и ремонта, длительность и полнота ремонта, квалификация персонала, занимающегося обслуживанием, качество запасных частей и др.

Действующая на большинстве промышленных предприятий система планово-предупредительных ремонтов (ППР) (preventive maintenance) при регуляр-