

Таблица 2 – Характеристики шумомера и мобильных приложений

Технические характеристики		Шумомер «ЭКОФИЗИКА-110А»	«Spectroid»	«Spectrum Analyzer»	«SPL Анализатор»
Диапазон измерения, дБ	A, дБА	22-139	30-140	22-139	22-139
	C, дБС	27-139	22-143	-	22-140
	Z, дБZ	31-139	-	-	-
Уровень собственных шумов при калибровочной поправке 0 дБ	A, дБА	12	18	24	12
	C, дБС	12	22	-	14
	Z, дБZ	15	-	-	-
Частотные фильтры		Октавный фильтр 1-16000 Гц	Октавный фильтр 31,5-16000 Гц	Октавный фильтр 31,5-12000 Гц	Октавный фильтр 30-14000 Гц
Динамический диапазон		≥100дБ	≥100дБ	≥100дБ	≥100дБ
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

2. Производится пересчет полученных данных в соответствии с ГОСТ 33972.5-2016 «Нормы и правила испытаний металлорежущих станков. Часть 5. Определение уровня шума».

Нормируемыми параметрами шума станков являются уровни звуковой мощности L_p и скорректированный уровень звуковой мощности L_{pA} – при работе станков на холостом ходу и под нагрузкой. Если полученные значения октавного уровня звуковой мощности превышают допустимые, то проводится проверка на определение источников шума.

Анализ характеристик мобильных приложений и шумомера-анализатора спектра. Современные мобильные устройства связи имеют полноценный шумоизмерительный тракт, а также вычислительные возможности для экспресс-определения стандартных шумовых характеристик [3]. Проанализировав характеристики приложений в свободном доступе, были выбраны следующие приложения для спектрального анализа шума: «Spectroid», «SPL-анализатор» и «Spectrum Analyzer».

«Spectroid» – это анализатор аудиоспектра в реальном времени с разумным разрешением по частоте по всему частотному спектру. «Spectroid» работает с любыми звуковыми колебаниями, включая человеческий голос, выполняя над ними быстрое преобразование Фурье и разбивая их на частотные составляющие. Окно программы «Spectroid» показывает спектральный состав звука. Преобразование Фурье показывает спектр аудиосигнала в линейном масштабе, что может быть полезно при исследовании гармоник. Анализатор октавных частотных интервалов способен показывать спектры на 1/12, 1/6, 1/3 и полнооктавном разрешении. Недостатком программы является различная импульсная характеристика и незначительные отклонения частоты. Преимущество состоит в том, что она может эффективно генерировать спектр, который лучше соответствует частотному разрешению восприятия звука человеком.

«Анализатор спектра звука» («SPL анализатор») измеряет и анализирует уровень звукового давления (амплитуда в децибелах) и звуковой спектр частот в реальном времени (RTA) с использованием БПФ (быстрое преобразование Фурье). Данное приложение имеет следующие функции: измерение звукового давления; измерение АЧХ и спектральный анализ сигнала; возможность одновременной работы с тремя источниками сигнала, на 3 каналах; отображение на экране формы и спектра сигнала; отображение на экране цифровых значений измеряемых величин.

«Spectrum Analyzer» - даёт данные спектра в реальном времени от микрофона устройства. Бесплатная версия продукта имеет следующие особенности: без рекламы; частота дискретизации 44100 Гц; максимальные частоты до 22050 Гц; возможность выполнять снимок экрана и передавать по Bluetooth и Wifi, а также сохранять на Google диск или на облако Mail.ru. Существует ряд недостатков бесплатной версии продукта: цвет графика не может быть изменен; нет никаких вариантов усреднения, таких как 1/3, 1/6 и т. д.; отсутствует сглаживание октав; на некоторых устройствах изначально невозможно запустить программу.

Шумомер-вибромметр, анализатор спектра «ЭКОФИЗИКА-110А» предназначен для измерения среднеквадратичных, эквивалентных и пиковых уровней звука, скорректированных уровней виброускорения, октавных, 1/3-октавных, 1/12-октавных и узкополосных спектров, для анализа сигналов различных первичных преобразователей для регистрации временных форм сигналов с целью оценки влияния звука, инфра- и ультразвука, вибрации и иных динамических физических процессов на человека на производстве, в жилых и общественных зданиях, определения виброакустических характеристик механизмов и машин, а также для научных исследований [4].

В таблице 2 приведены результаты сравнительного анализа характеристик шумомера «ЭКОФИЗИКА 110-А» 1-го класса точности и мобильных приложений.

Анализ характеристик бесплатных версий мобильных приложений показывает, что выбранные приложения не уступают по возможностям шумомерам 1-го класса точности и могут использоваться для анализа шумовых характеристик технологического оборудования.

Методика измерений параметров, их оценка и накопление.

Для проведения цеховых испытаний было выбрано приложение «SPL Анализатор спектра звука». 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.

Методика проверки шумовых характеристик технологического оборудования с использованием приложения «SPL Анализатор спектра звука»:

1. Разблокировать мобильное устройство связи, запустить приложение.
2. Расположить устройство связи в заданной точке измерения. На дисплее мобильного устройства в режиме реального времени будут отражены спектрограмма уровней звуковой мощности L_p и скорректированный уровень звуковой мощности L_{pA} .
3. При необходимости калибровки зайти в меню «Настройки», выбрать раздел «Калибровка» и указать численное значение (рисунком 2).

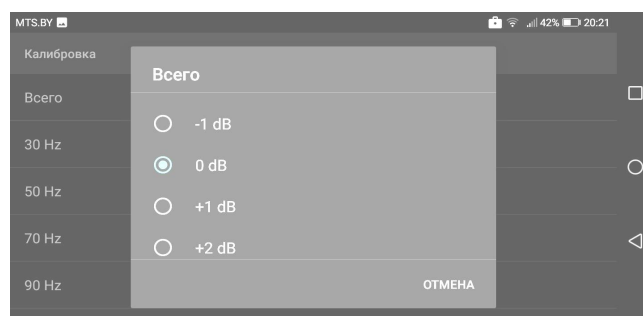


Рисунок 2 – Меню калибровки устройства

5. Зафиксировать показатель путём нажатия кнопки «ВКЛ» на панели «Удержание – RTA».

6. Для сравнения показаний в различные моменты времени необходимо нажать кнопку «Сравнение». В результате появится окно сравнения с огибающими уровней звуковой мощности двух сигналов (рисунок 3).

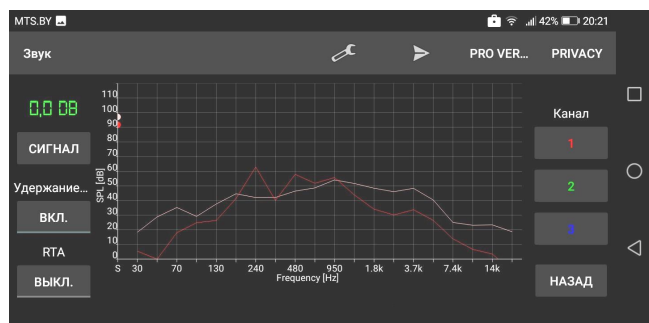


Рисунок 3 – Огибающие уровней звуковой мощности двух сигналов

7. Сохранение результатов измерений осуществляется снимком экрана мобильного устройства связи (функция «screenshot»). Полученный снимок экрана можно передать на другие устройства различными способами в зависимости от возможностей мобильного устройства и наличия доступа к сети «Интернет».

Лабораторные испытания металлорежущих станков. Выполнялись цеховые замеры уровня шума на холостом ходу токарно-винторезных станков КУСОН-3 с номинальной мощностью электродвигателя $P=7,5$ кВт и D460 с номинальной мощностью электродвигателя $P=5,5$ кВт мобильным устройством с операционной системой «Android» и поверенным прибором «ЭКОФИЗИКА-110А» (Протокол измерения шума №645-19-30/2-2019 от 30.09.2019 г. РУП «Брестский ЦСМС»).

Измерение уровня шума станка КУСОН-3 проводилось при частоте вращения шпинделя $n=1000$ мин⁻¹, станка D460 - при $n=2000$ мин⁻¹. Другое оборудование, кроме проверяемого, в момент проведения измерений не работало. Микрофон располагался на расстоянии 1 м от контурной линии станка и 1,5 м от плоскости его фундамента [5].

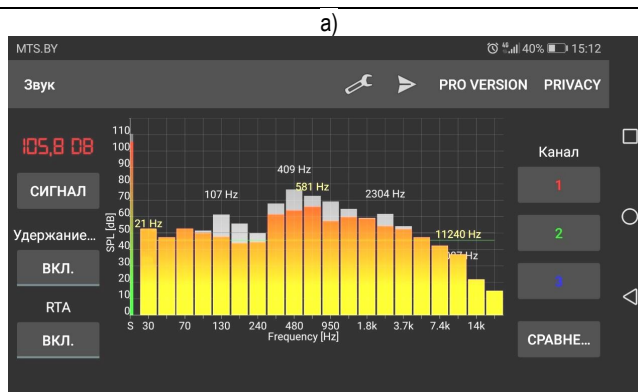
Результаты измерений уровней звуковой мощности в октавных полосах до и после калибровки измерительного тракта мобильного устройства по результатам измерений шумомером «ЭКОФИЗИКА-110А» приведены в таблицах 3 и 4. Спектрограммы уровней звуковой мощности испытываемых станков, полученные с помощью приложения «SPL Анализатор спектра звука», для указанных условий представлены на рисунке 4.

Таблица 3 – Результаты измерений и допустимые значения шумовых характеристик станка КУСОН-3

Способ измерения	Уровни звуковой мощности L_p , дБА, в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц									
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
«SPL Анализатор»	65	71	71	57	51	48	39	32	20	
«SPL Анализатор» после калибровки	54	54	61	50	78	69	59	55	45	
«ЭКОФИЗИКА-110А»	57	54	61	78	83	76	75	66	54	
Допустимые значения по ГОСТ 33972.5-2016	95	95	95	95	95	92	90	88	86	

Таблица 4 – Результаты измерений и допустимые значения шумовых характеристик станка D460

Способ измерения	Уровни звуковой мощности L_p , дБА, в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц									
	32	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
«SPL Анализатор»	31	41	39	39	42	41	36	32	24	
«SPL Анализатор» после калибровки	41	62	53	59	52	46	59	30	22	
«ЭКОФИЗИКА-110А»	52	57	60	64	75	79	75	72	67	
Допустимые значения по ГОСТ 33972.5-2016	95	95	95	95	95	92	90	88	86	



б)

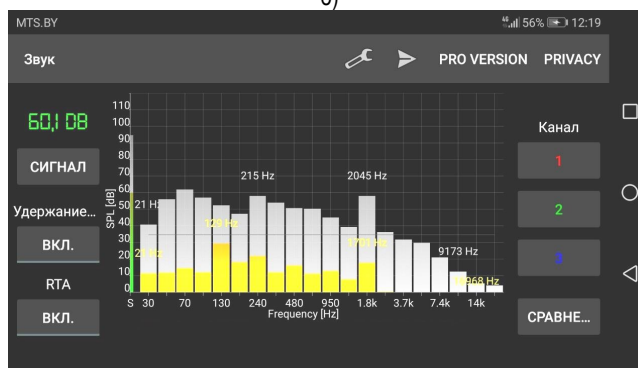


Рисунок 4 – Спектрограммы уровней звуковой мощности станков КУСОН-3 (а) и D460 (б) после калибровки

Полученные в результате измерений значения сравнивались с допустимыми уровнями звуковой мощности L_p (таблицы 3 и 4).

Как видно из таблиц 3 и 4, уровень звуковой мощности не превышает допустимых значений. Следует отметить, что испытания станка КУСОН-3 проводились не на максимальной частоте $n=1600$ мин⁻¹ ввиду его изношенности.

В октавных полосах среднегеометрических частот 1000 Гц и выше наблюдается существенные отличия измеренного уровня звуковой мощности и после калибровки. Это можно объяснить разными диаграммами направленности микрофонов и временным разрывом эталонного измерения и повторного после калибровки.

Таким образом, результаты проведённых испытаний показывают принципиальную возможность мониторинга технического состояния оборудования мобильными устройствами связи среднего уровня после доработки процедуры калибровки.

Заключение. 1. Мобильные приложения устройств связи для спектрального анализа шума по своим возможностям соответствуют характеристикам шумомеров-анализаторов спектра 1-го класса точности по ГОСТ 17187-2010.

2. Разработана методика оценки шумовых характеристик оборудования с использованием приложения «SPL Анализатор спектра звука».
3. Проведённые замеры шумов холостого хода станков D460 и КУСОН-3 показали принципиальную применимость методики для текущей оценки состояния оборудования и накопления информации в облачной системе.
4. Предложенная методика мобильного контроля шумовых характеристик оборудования может применяться в учебном процессе для повышения наглядности стандартной процедуры проверки, а также после доработки процедуры калибровки, в условиях производства для мониторинга фактического состояния станков и планирования ремонтов.

СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Машиностроение. Энциклопедия / Ред. совет : К. В. Фролов (пред.) [и др.] – М. : Машиностроение. Металлорежущие станки и деревообрабатывающее оборудование. Т. IV – 7 / Б. И. Черпа-

ков, О. И. Аверьянов, Г. А. Адоян [и др.]; под ред. Б. И. Черпакова. – 2-е изд., испр. – 2002. – 864 с., ил.

2. 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.
3. Григорьев, В. Ф. Мобильная проверка шумовых характеристик технологического оборудования / В. Ф. Григорьев, Ю. А. Дакало // Новые технологии и материалы, автоматизация производства : материалы. Междунар. науч.-техн. конф., Брест, 27–28 мая 2019 г. – Брест : Издательство БрГТУ, 2019. – С. 92–95.
4. Шумомер-виброметр, анализатор спектра. ЭКОФИЗИКА-110А. Руководство по эксплуатации. ПРИБОРОСТРОИТЕЛЬНОЕ ОБЪЕДИНЕНИЕ «ОКТАВА-ЭЛЕКТРОДИЗАЙН» ООО «ПКФ Цифровые приборы», 2011.
5. Металлорежущие станки : учеб. пособие для втузов / Н. С. Колев, Л. В. Красниченко, Н. С. Никулин [и др.] – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Машиностроение, 1980. – 500 с., ил.

31.10.2019

GRIGORIEV V. F., DAKALO Y. A. Assessment of possibilities for using mobile communication devices to check the noise characteristics of technological equipment

Production noise of technological equipment is reflected by his technical state and determines the safe working conditions for personnel. The method of estimation of noise characteristics of the equipment using mobile communication devices is proposed. The conducted measurements of idling noise of machine of D460 and КУСОН-3 retined applicability of method after the finalizing of calibration procedure for machine condition monitoring and planning of repairs.

539.43: 621.982: 621.81

.

Введение. Кольцераскатка широко используются в автомобилестроении, авиационной, космической и петрохимической промышленности, при изготовлении крупногабаритных подшипников и специальных зубчатых колес. В таблице 1 представлена структура использования кольцераскатки в различных областях производства деталей и, как видно из таблицы, наибольшими потребителями продукции кольцераскатки являются автомобилестроение и транспортное машиностроение [1].

Таблица 1 – Структура использования деталей, изготовленных кольцераскаткой

Виды производств	Доля использования деталей, изготовленных кольцераскаткой, в %
Автомобилестроение	35
Транспортное машиностроение	30
Машиностроение	8
Энергетическое машиностроение	7
Химическая индустрия	2
Авиастроение	7
Спецпроизводство	7
Производство инструмента	2
Различные изделия	2
	100

Ассортимент деталей, изготавливаемых кольцераскаткой, непрерывно расширяется как по геометрическим параметрам, так и по применяемым материалам. К настоящему времени освоена кольцераскатка деталей с наружным диаметром до 15 м, высотой до 3,5

метров и массой до 30 тонн [2].

Процесс кольцераскатки заключается в деформировании кольца гладкими или профилированными валками с последовательным изменением наружного и внутреннего диаметров и высоты кольца. Деформирование кольца валками только в радиальном направлении называется радиальной кольцераскаткой. Деформирование кольца одновременно в радиальном и осевом направлениях называется радиально-осевой кольцераскаткой (рисунок 1).

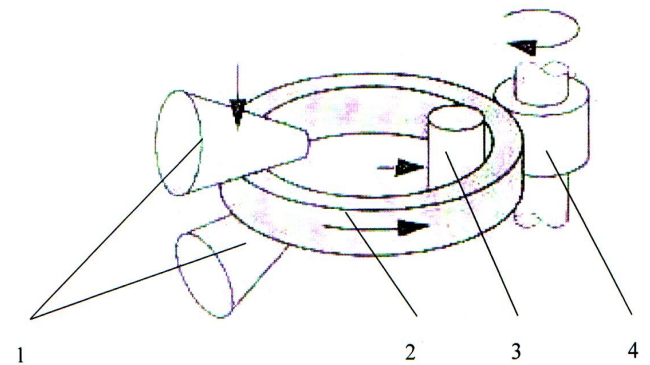


Рисунок 1 – Принципиальная схема радиально-осевой кольцераскатки

С использованием кольцераскатки изготавливаются детали, которые можно условно разделить на три принципиально отличающиеся группы (рисунок 2) – диски, фланцы и гильзы.

Антонюк Владимир Евгеньевич, д. т. н., главный научный сотрудник Объединенного института машиностроения НАН Беларуси. Беларусь, г. Минск, ул. Академическая, 12.

Яворский Владимир Васильевич, зам. главного металлурга Белорусского автомобильного завода. Беларусь, 222160, Минская область, г. Жодино, ул. 40 лет Октября, 4.