

длительную замену деталей. Приведенные расчеты показали возможность сокращения количества и объема работ при техническом обслуживании шприца по замене втулок в межремонтном периоде, что в итоге позволяет уменьшить организационные и экономические затраты.

Выводы. Использование полученных зависимостей срока службы втулки от скорости изнашивания позволяет обоснованно назначать технический ресурс изделия, соизмеримый со степенью риска потребителя и изготовителя. Также на этапе проектирования оборудования на основании требуемых T_p или γ можно выбирать материал с требуемыми характеристиками.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Болотин, В. В. Прогнозирование ресурса машин и конструкций» / В. В. Болотин. – М. : Машиностроение, 1984. — 312 с.
2. Проников , А. С. Параметрическая надежность машин / А. С. Проников. – М. : МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2002. – 560 с.
3. Кочергин, А. И. Основы надежности металлорежущих станков / А. И. Кочергин. – Минск : Выш. школа, 1982. – 175 с.

УДК 621.9-05

МОБИЛЬНЫЕ ПРИЛОЖЕНИЯ ДЛЯ ПРОВЕРКИ ШУМОВЫХ ХАРАКТЕРИСТИК МЕТАЛЛОРЕЖУЩИХ СТАНКОВ

Григорьев В. Ф., Дакало Ю. А.

Брестский государственный технический университет,
г. Брест, Республика Беларусь

Введение. Шумовые характеристики металлорежущих станков определяют экологическую обстановку в производственном помещении, а также состояние и качество изготовления деталей и узлов станков. Будучи акустическим проявлением вибрации, шум станков является важным показателем их динамического качества, свидетельствующим о наличии отклонений по геометрической точности деталей, участвующих в передаче движения. Повышенный шум при работе является диагностическим сигналом чрезмерного износа узлов и механизмов. Аттестованные шумомеры имеются далеко не на всех предприятиях.

Мобильные приложения современных устройств связи позволяют выполнять измерения и спектральный анализ шумов технологического оборудования в цеховых условиях [1].

Цель работы. Оценить возможности мобильных приложений устройств связи для оценки шумовых характеристик технологического оборудования.

Методы и средства оценки шумовых характеристик станков. В качестве стандартных основных шумовых характеристик станков установлены следующие [2, 3]: октавные и скорректированный уровни звуковой мощности; октавные уровни звукового давления и уровни звука на рабочем месте оператора.

При измерении шумовых характеристик обычно ограничиваются использованием корректировочной частотной характеристики A 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 17187-2010 «Шумомеры. Общие технические требования и методы испытаний».

При измерении уровней звуковой мощности процедура разбивается на два этапа:

1. Измерение уровней звукового давления в точках, располагающихся вокруг станка.

2. Производится пересчёт 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.

Анализ характеристик мобильных приложений и шумомера-анализатора спектра. Современные мобильные устройства связи имеют полноценный шумоизмерительный тракт, а также вычислительные возможности для экспресс-определения шумовых характеристик [1]. Проанализировав характеристики приложений в свободном доступе, были выбраны следующие приложения для спектрального анализа шума: «Spectroid», «SPL-анализатор» и «Spectrum Analyzer».

«Spectroid» – это анализатор аудио спектра 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 отражает 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. 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 одно-временной 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-виброметр, 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 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 практически не уступают по возможностям шумомерам 1-го класса точности и могут использоваться для анализа шумовых характеристик технологического оборудования. Для исследований шумовых параметров станков было выбрано приложение «SPL-анализатор» по совокупности перечисленных выше характеристик.

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

Испытания шума металлорежущих станков. Получены следующие результаты цеховых замеров уровня шума на холостом ходу токарно-винторезного станка КУСОН-3 с номинальной мощностью электродвигателя $P = 7,5$ кВт мобильным устройством с операционной системой «Android» и поверенным прибором «ЭКОФИЗИКА-110А».

Измерение уровня шума станка КУСОН-3 проводилось при частоте вращения шпинделя $n = 1000 \text{ мин}^{-1}$. 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.

Результаты измерений уровней звуковой мощности в октавных полосах до и после калибровки измерительного тракта мобильного устройства по результатам измерений шумомером «ЭКОФИЗИКА-110А» приведены в таблице 3. Спектрограммы уровней звуковой мощности испытываемого станка, полученные с помощью приложения «SPL-анализатор спектра звука», для указанных условий представлены на рисунке. Полученные в результате измерений значения сравнивались с допустимыми уровнями звуковой мощности L_p (таблица 3).

Как видно из таблицы 3, уровень звуковой мощности не превышает допустимых значений. Следует отметить, что испытания станка КУСОН-3 проводились не на максимальной частоте $n = 1600 \text{ мин}^{-1}$ ввиду его изношенности.

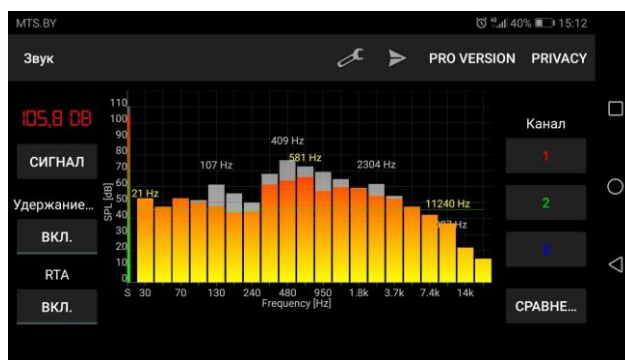


Рисунок – Спектрограммы уровней звуковой мощности станков КУСОН-3 после калибровки

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	8000
«SPL-анализатор»	65	71	71	57	51	48	39	32	20	20
«SPL-анализатор» после калибровки	54	54	61	50	78	69	59	55	45	45
«ЭКОФИЗИКА-110А»	57	54	61	78	83	76	75	66	54	54
Допустимые значения по ГОСТ 33972.5-2016	95	95	95	95	95	92	90	88	86	86

Выводы. 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», как наиболее удобного. 3. Замеры шумов холостого хода станка КУСОН-3 показали принципиальную применимость методики для текущей оценки состояния оборудования.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. 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.
2. Машиностроение. Металлорежущие станки и деревообрабатывающее оборудование. / Б. И. Черпаков [и др.]. – Под ред. Б.И. Черпакова. – 2-е изд., испр. 2002. – Т. IV – 7 – 864 с.
3. 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.
4. Шумомер-вибромметр, анализатор спектра. ЭКОФИЗИКА-110А. Руководство по эксплуатации. ПРИБОРОСТРОИТЕЛЬНОЕ ОБЪЕДИНЕНИЕ «ОКТАВА-ЭЛЕКТРОНДИЗАЙН» ООО «ПКФ Цифровые приборы», 2011.
5. Металлорежущие станки: учеб. пособие для вузов / Н. С. Колев [и др.]. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Машиностроение, 1980. – 500 с., ил.

УДК 621.833

МЕТОДИЧЕСКИЙ ПОДХОД К ОЦЕНКЕ ОСТАТОЧНОГО РЕСУРСА ПОДШИПНИКОВ КАЧЕНИЯ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ВИБРОДИАГНОСТИКИ

Дакало Ю. А.¹, Ишин Н. Н.², Гоман А. М.², Скороходов А. С.²

1) Брестский государственный технический университет,
г. Брест, Республика Беларусь

2) Объединенный институт машиностроения НАН Беларуси,
г. Минск, Республика Беларусь

Введение. В основу предлагаемого методического подхода положен способ вибрационно-импульсной диагностики, по которому снимают параметры вибраций с диагностируемого подшипникового узла, из полученных данных выделяют информативные составляющие, в качестве которых служат амплитуды снятых параметров вибраций, определяют параметры динамической нагруженности, в частности амплитуды ударных импульсов, по которым с помощью расчетных зависимостей определяют величину радиального зазора в подшипнике. В результате получают расчетно-экспериментальные графические зависимости изменения радиального зазора в подшипнике во времени, по которым рассчитывают остаточный ресурс диагностируемого подшипника. Получаемые в процессе вибромониторинга данные по износу элементов подшипника могут быть использованы при принятии решений о продолжении эксплуатации подшипника, проведении мероприятий по техническому обслуживанию для поддержания работоспособности или замене подшипника.

Основная часть. Одним из основных параметров, характеризующих техническое состояние подшипникового узла, является радиальный зазор подшипника, по которому с достаточной вероятностью можно прогнозировать ожидаемый отказ. При этом изменение величины радиального зазора при работе машины удовлетворяет требованиям к диагностическому параметру, который может информировать о состоянии подшипника и о возможном приближении его к отказу.