

## **МЕТОДИКА ЦЕХОВЫХ ИСПЫТАНИЙ ШУМОВЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ОБОРУДОВАНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МОБИЛЬНЫХ ПРИЛОЖЕНИЙ**

**Д. С. Сергуцкий, В. Ф. Григорьев**

Брестский государственный технический университет, г. Брест,  
Республика Беларусь

### **Введение**

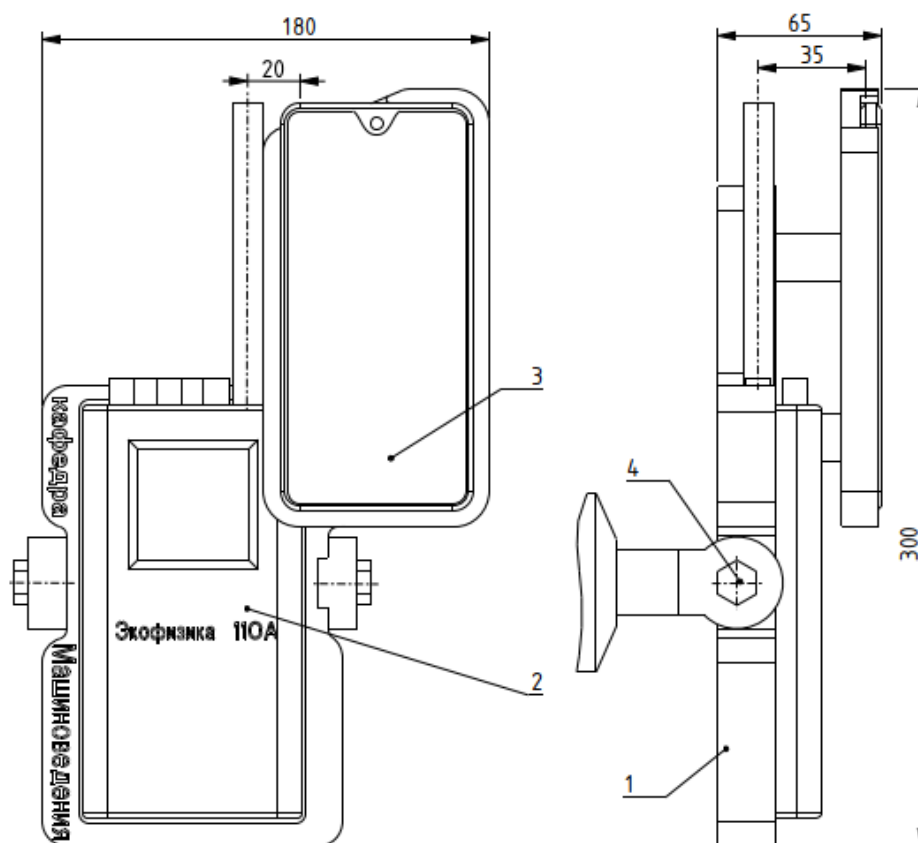
Изучение и разработка систем контроля технического состояния металло-режущих станков по параметрам шумовых характеристик является важной и актуальной задачей. Такие системы позволяют своевременно определить отклонения в работе оборудования и предотвратить отказы и простои по причине незапланированного ремонта. Особенно целесообразно их использование для контроля состояния современных станков с ЧПУ для высокоскоростной обработки. 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 является использование мобильных приложений для измерения шумовых характеристик оборудования [2].

Целью работы было исследование возможности использования мобильных приложений для определения шумовых характеристик технологического оборудования в цеховых условиях.

Для проведения исследования был выбран метод, основанный на сопоставлении фактических шумовых характеристик станка с допустимыми шумовыми характеристиками в соответствии с ГОСТ 12.2.107-85 «Шум. Станки металлорежущие. Допустимые шумовые характеристики». В ГОСТе указаны допустимые значения шумовых характеристик для станков суммарной эквивалентной мощностью электродвигателей от 2 до 64 кВт. В качестве эталонного прибора для измерения уровней звукового давления и уровней звука был использован шумомер-виброметр анализатор спектра ЭКОФИЗИКА-110А, измерительные тракты которого соответствуют требованиям ГОСТ 17168-82 «Фильтры электронные октавные и третьоктавные». Также для измерения использовалось мобильное приложение «Анализатор спектра звука» («SPL-анализатор»), установленное на мобильное устройство связи Xiaomi redmi note 8t. Как было показано [3], характеристики приложения в диапазоне частот 30–14000 Гц соответствуют характеристикам шумомера-виброметра анализатора спектра.

Измерения шумовых характеристик станков проводились в учебно-производственных мастерских Брестского государственного технического университета на токарных станках: Кусон-3 (Северная Корея) с номинальной мощностью электродвигателя  $P=7,5$  кВт и Optimum D460 (Германия),  $P = 5,5$  кВт. Измерения осуществлялись в режиме «перерыв», когда работал один из двух испытуемых станков и в режиме «работа» – работали оба станка на холостом ходу с максимальной частотой вращения шпинделя. Станки располагались на расстоянии пяти метров.

Шумомер Экофизика 110А и мобильное устройство связи устанавливались в специальное удерживающее приспособление (Рисунок 1). Приспособление состоит из рамки-корпуса 1 с двумя лотками, предусматривающими расположение шумомера 2 и устройства связи 3 таким образом, чтобы их микрофоны были на минимальном расстоянии друг от друга: 35 мм по вертикали и 20 мм в горизонтальной проекции.



1 – рамка-корпус; 2 – шумомер; 3 – устройства связи; 4 – узел крепления

Рисунок 1 – Схема установки устройств в удерживающем приспособлении

Приспособление, закрепленное на штативе, устанавливалось на высоте 1,5 м и на расстоянии 1 м от переднего конца шпинделя в соответствии с ГОСТ 12.1.028-80 (Рисунок 2).

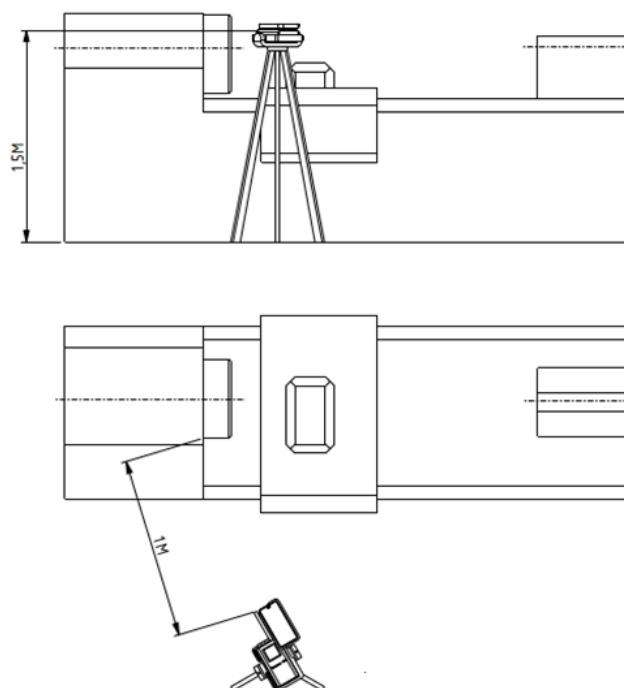


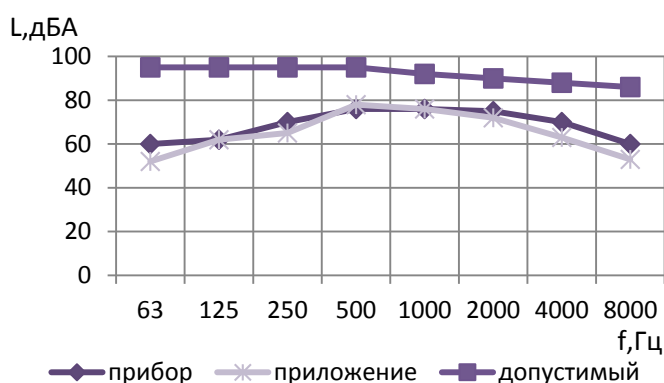
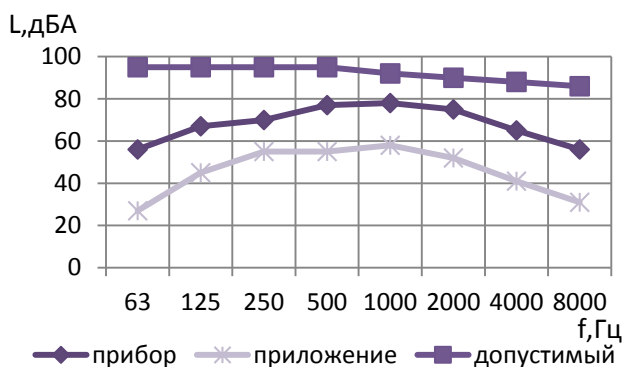
Рисунок 2 – Схема измерения параметров шума

Испытания проводились в три этапа. На первом этапе проводились измерения уровня шума станка КУСОН-3 на холостом ходу **при максимальной частоте вращения шпинделя  $n = 1600 \text{ мин}^{-1}$  в режиме «перерыв» на протяжении одной минуты (Таблица 1).**

Таблица 1 – Октавные уровни звуковой мощности при работе станка КУСОН- 3 ( $n = 1600 \text{ мин}^{-1}$ ) **в режиме «перерыв» до и после калибровки, дБА**

среднеоктавная частота, Гц	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
ЭКОФИЗИКА-110А	56	67	70	77	78	75	65	56
до калибровки								
Xiaomi redmi note 8t	27	45	55	55	58	52	41	31
отклонение, дБА	-29	-22	-15	-22	-20	-23	-24	-25
относительное отклонение, %	-51,8	-32,8	-21,4	-28,6	-25,6	-30,7	-36,9	-44,6
после калибровки								
Xiaomi redmi note 8t	52	62	65	78	76	72	63	53
отклонение, дБА	-8	0	-5	-2	0	-3	-7	-7
относительное отклонение, %	-13,3	0,0	-7,1	-2,6	0,0	-4,0	-10,0	-11,7

Ввиду существенных отклонений измеренного уровня шума на среднеоктавных частотах 63Гц (29дБА и 51 %) и 8000 Гц (25дБА и 44,6 %) выполнялась калибровка мобильного приложения по эталонным показаниям шумомера. На графиках спектров шума до и после калибровки они показаны вместе с допустимой границей по ГОСТ 12.2.107-85 (Рисунок 3).



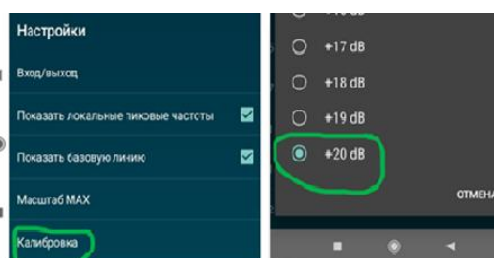
а)

б)

а) – до калибровки; б) – после калибровки

Рисунок 3 – Спектры шума станка Кусон-3 ( $n = 1600 \text{ мин}^{-1}$ ) в режиме «перерыв»

Мобильное приложение позволяет выполнить калибровку в пределах от -20дБ до +20дБ для каждой октавы. Для этого необходимо зайти в меню «настройки», далее выбрать вкладку «калибровка» и установить для каждой частоты свое значение поправки.



а)

б)

в)

а) – главное окно приложения; б) – меню настройки; в) – меню значений калибровки

Рисунок 4 – Калибровка значений уровней звуковой мощности в мобильном приложении «Анализатор спектра звука»

На втором этапе измерялся уровень шума станка Optimum D460 с откалиброванным приложением. Результаты измерений приведены в таблице 2 и рисунке 5.

Таблица 2 – Октавные уровни звуковой мощности при работе станка Optimum D460 ( $n = 2000 \text{ мин}^{-1}$ ) в режиме «перерыв», дБА

среднеоктавная частота, Гц	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
ЭКОФИЗИКА-110А	53	57	66	78	78,5	77	72,5	66
Xiaomi redmi note 8t	52	61	61	79	79	76	65	58
отклонение, дБА	-1	-4	-5	-1	-0,5	-1	-7,5	-8
относительное отклонение, %	-1,9	-7,0	-7,6	-1,3	-0,6	-1,3	-10,3	-12,1

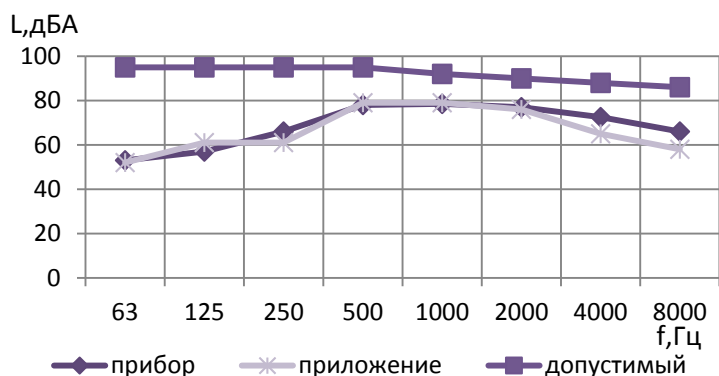
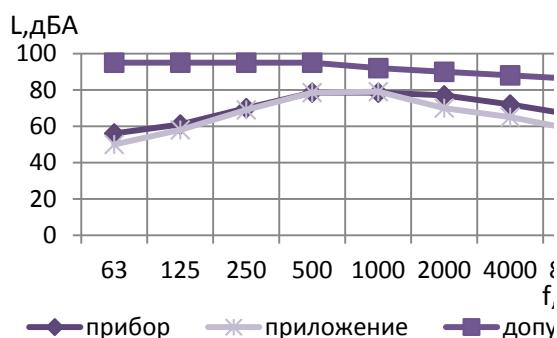
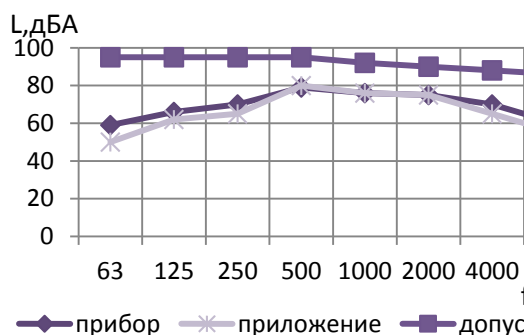


Рисунок 5- Спектр шума станка Optimum D460 ( $n=2000 \text{ мин}^{-1}$ ) в режиме «перерыв»

Затем проводились измерения уровня шума станков при их одновременном включении на холостом ходу (режим «работа»). Результаты замеров представлены в таблице 3 и рисунке 6.

Таблица 3 – Октавные уровни звуковой мощности при работе станков в режиме «работа», дБА

среднеоктавная частота, Гц	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
значения для станка КУСОН-3								
ЭКОФИЗИКА-110А	59	66	70	79	76	75	70	60
Xiaomi redmi note 8t	50	62	65	80	76	75	65	55
отклонение, дБА	-9	-4	-5	-1	0	0	-5	-5
относительное отклонение, %	-15,3	-6,1	-7,1	-1,3	0,0	0,0	-7,1	-8,3
значения для станка Optimum D460								
ЭКОФИЗИКА-110А	56	61	70	78,5	78,5	77	72	66
Xiaomi redmi note 8t	50	58	69	78,5	79	70	65	58
отклонение, дБА	-6	-3	-1	0	-0,5	-7	-7	-8
относительное отклонение, %	-10,7	-4,9	-1,4	0,0	-0,6	-9,1	-9,7	-12,1



а)

б)

а) – для станка КУСОН-3; б) – для станка Optimum D460

Рисунок 6- Спектры шума станков при работе в режиме «работа»

**Результаты исследования и обсуждение.** Измерения показали, что уровни шума станков находятся в пределах допустимых значений. При этом скоростной станок Optimum D460 ( $n_{\max} = 2000 \text{ мин}^{-1}$ ) ожидается показывает более высокий уровень шума в октавных полосах свыше 2000 Гц.

Калибровкой приложения не удалось устранить различие показаний с эталонным шумомером в октавных полосах 63–250 Гц и 4000–8000 Гц. Это обусловлено различными чувствительностью и диаграммой направленности микрофонов устройств. Для устранения разницы показаний возможно применение индивидуальной таблицы поправок по октавным полосам приложения.

Перспективно применение методики для мониторинга состояния технологического оборудования на основе «звукового портрета» с помощью мобильного устройства связи.

### **Заключение**

Представленная методика позволяет с инженерной точностью определять шумовые характеристики оборудования в цеховых условиях. Применяемое мобильное приложение можно использовать для диагностики состояния оборудования.

### **СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ**

1. Машиностроение: Энциклопедия / ред. совет: К. В. Фролов (пред.) [и др.]. – 2-е изд., испр. – М. : Машиностроение, 2002. – Т. 4–7: Металлорежущие станки и деревообрабатывающее оборудование / Б. И. Черпаков [и др.]; под ред. Б. И. Черпакова. – 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. Сергуцкий, Д. С. Сравнительный анализ мобильных приложений для спектрального исследования шума / Д. С. Сергуцкий, В. Ф. Григорьев // Инновационные технологии в машиностроении [Электронный ресурс]: электрон. сб. материалов Междунар. науч.-техн. конф, Новополюцк, 18–19 апреля 2023 г. – Новополюцк : ПГУ, 2023. – С. 118–120.