

## ВОЗМОЖНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПРОГРАММНЫХ ШУМОМЕРОВ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ УРОВНЕЙ ШУМА В БЫТОВЫХ УСЛОВИЯХ

Геншпирнг Д.М.

г. Волгоград, МОУ СШ №19, 9 класс

### Актуальность и цели исследовательской работы

Изучить возможность использования мобильных устройств на платформе Android и IOS с бесплатными программами – шумомерами для измерения уровней шума в городских условиях, сравнить результаты измерений с данными, полученными с помощью профессионального шумомера.

Задачи:

– Выяснить влияние шума на жизнь человека.

– Установить негативные и позитивные шумовые факторы городской среды, *познакомится с единицами измерения громкости звука.*

– Сделать обзор предложения рынка профессиональных шумомеров, сходных характеристиками с имеющимся андроид-программами

– Рассмотреть возможность замены дорогостоящего прибора программой -шумомером.

Объект исследования: уровень шумового фона окружающей среды.

Предмет исследования: уровень точности показаний программных шумомеров.

Методы исследования: изучение теоретического материала, эксперимент

Гипотеза: точность показаний программных шумомеров сопоставима с точностью дорогостоящих профессиональных приборов для бытовых измерений уровня шума

### Краткая аннотация

В данной работе проведены эксперименты по изучению точности показаний. Прделаны опыты для сравнения табличных значений с показаниями программ-шумомеров.

*Целью* данной работы является изучение влияния шума на жизнь человека, негативных характеристик шума, выявление возможности использования программ-шумомеров для измерения уровней шума.

В ходе работы *использована методика замеров по ГОСТ23337-78 (1984) для измерения уровня шума в бытовых и промышленных условиях.*

В ходе работы изучены:

1. Роль шума в жизни человека
2. Физическое воздействие шума
3. Методы борьбы с шумом
4. Уровни шумового загрязнения в быту
5. Точность показаний программ-шумомеров для измерения уровня шумового загрязнения в быту.

Научная новизна: выявление нового типа бытового измерительного прибора с погрешностью, не превышающей погрешности профессиональных приборов.

*Практическая значимость:*

Программы – шумомеры, при широкой доступности мобильных устройств и бесплатности программного обеспечения могут заменить дорогостоящие профессиональные приборы для бытовых измерений уровня шума.

### История вопроса – борьба с шумом

Шум в окружающей среде оказывает на человека не меньшее влияние, чем разрушение озонового слоя или кислотные дожди.

Человечество столкнулось с шумом едва ли не на заре своего существования. В знаменитом «Эпосе о Гильгамеше» Великий потоп рассматривается как наказание за то, что человечество производит много шума и тем самым надоедает Богу.

В Древней Греции были предприняты первые попытки создания санитарных зон для защиты от шума: жители Сибариса, известные своей изнеженностью, потребовали от властей вынести шумные производства за пределы городских стен.

Рим был самым шумным городом Древнего мира; основным источником шума здесь были громыхающие повозки. Так, Гай Юлий Цезарь запретил проезд грохочущих повозок через Рим в ночное время.

Король Англии Генрих VIII в XVI в. запретил бить жен по ночам, чтобы их крики не мешали спать соседям. Но что крики несчастных женщин по сравнению с шумом транспортных средств! Житель Лондона, знаменитый английский врач XIX в. Томас Моор пишет «Рев Лондона в дневные часы просто ужасен» – и это идилический девятнадцатый век! [12]

К концу XIX – началу XX в. человечество уже всерьез начинают тревожить вопросы шума. В 1850 г. в Бостоне принят первый муниципальный акт, посвященный борьбе с шумом. В 1898 г. в Нюрнберге создана первая общественная организация – Лига против транспортного шума, в 1908 г. основано одно из первых в мире Немецкое общество по борьбе с шумом, а в 1909 г. в Лондоне проведена первая конференция, посвященная этой проблеме.

Современный период борьбы с шумом характеризуется, в первую очередь, применением новых технологий, например лазерной, новых видов транспортных средств, новых режимов обработки материалов, новых режимов обработки материалов.

Инженерные методы борьбы с шумом базируются на теоретических основах, заложенных в конце XIX – начале XX столетия: статистической, геометрической и волновой акустике.

Основы волновой акустики были обобщены Дж.У. Рэлеем, затем ее развивали Ф. Морз, Е. Скучик и др. Основателем геометрической акустики был Г. Эйринг, а статистической – У. Сэбин. [12]

#### **Шум, громкость звука (шума) и величины, в которых они измеряются**

Шум – беспорядочные колебания различной физической природы. Первоначально слово шум относилось исключительно к звуковым колебаниям, однако в современной науке оно было распространено и на другие виды колебаний (радио-, электричество). Для количественной оценки шума используют усредненные параметры, определяемыми на основании статистических законов. Для измерения характеристик шума применяются шумомеры, частотные анализаторы, коррелометры и др. [1]

Единицей абсолютной шкалы громкости является сон (от лат. *sonare* – звучать). Громкость в 1 сон – это громкость непрерывного чистого тона частотой 1 кГц, создающего звуковое давление 2 мПа.

Уровень громкости звука – относительная величина. Она выражается в фонах и численно равна уровню звукового давления (в децибелах – дБ), создаваемого тоном частотой 1 кГц такой же громкости, как и измеряемый звук. При увеличении уровня звукового давления на 10 дБ громкость звука возрастает в 2 раза. Это значит, что уровням громкости 40, 50 и 60 фон соответствуют громкости 1, 2 и 4 сона. [5].

Громкость звука (или интенсивность). С физической точки зрения, громкость зависит от амплитуды колебания, и, следовательно, от его энергии. Интенсивность

звука измерить как поток энергии, приходящейся на единичную площадку, и выразить в ваттах на квадратный метр (Вт/м<sup>2</sup>). Громкость самого тихого звука, который способен услышать человек с нормальным слухом, равна приблизительно 10-12 Вт/м<sup>2</sup>. Один из громких звуков, который уже грозит нам вредными последствиями, – это шум реактивного самолета с расстояния 50 м. Его интенсивность составляет около 10 Вт/м<sup>2</sup>. Разница в 13 порядков! Очевидно, что оперировать числами, лежащими в таком широком диапазоне, очень неудобно. Представим их в виде отношений, приняв за эталонную интенсивность величину 10–12 Вт/м<sup>2</sup>. Будем отмечать, сколько раз нужно умножить эталонную интенсивность на 10 для того, чтобы получить заданную интенсивность звука. Например, шум реактивного самолета в 10<sup>13</sup> раз превышает наш эталон, то есть этот эталон необходимо 13 раз умножить на 10. Такой способ выражения позволяет значительно уменьшить значения чисел, выражающих гигантский диапазон звуковых интенсивностей. Обозначив однократное увеличение в 10 раз как 1 бел, получим «единицу» для выражения отношений. Так, уровень шума реактивного самолета соответствует 13 белам. Практически удобнее пользоваться более мелкими единицами, десятичными долями бела, которые и называют децибелами. Таким образом, интенсивность шума реактивного двигателя равна 130 децибелам (130 дБ). [11]

Человеческий слух обладает удивительной способностью реагировать на слуховые сигналы как очень малой интенсивности (звуковое давление  $2 \times 10^{-5}$  Па – уровень 0 дБ), так и очень большой интенсивности (звуковое давление 20 Па – уровень 120 дБ), это соответствует динамическому диапазону 120 дБ [3].

За нулевую точку шкалы принят «порог слышимости», а за крайнюю точку шкалы – 140 дБ – максимальный предел громкости.

#### **Шум в жизни человека**

Повышенный шум – поистине бедствие нашей цивилизации. Человек на работе, в быту, на отдыхе, при передвижении подвергается многократному воздействию вредного шума. Есть мнение, что более 30% всех болезней у жителей городов связаны с длительным воздействием повышенного шума: утомление, повышение кровяного давления, язва желудка, ухудшение памяти, нервно-психические заболевания. Сильный шум может также приводить к агрессивности, ослаблению слуха и снижению производительности труда (табл. 1.). [7]

**Реакция организма на длительное акустическое воздействие при различных уровнях шума**

**Таблица 1**

Источник шума	Уровень шума, дБ	Реакция организма на длительное акустическое воздействие
1	2	3
Листва, прибой	20	Успокаивает
Средний шум в квартире, классе	40	Гигиеническая норма
Шум внутри здания	60	Появляются чувство раздражения утомляемость, головная боль
1	2	3
Телевизор	70	
Кричащий человек	80	
Мотоцикл	90	
Грузовик	90	
Реактивный самолет на высоте 300 м	95	Постепенное ослабление слуха, стресс, язвенная болезнь,
Плеер	114	Вызывает звуковое опьянение наподобие алкогольного, нарушает сон, разрушает психику, приводит к глухоте
Отбойный молоток	120	
Шум на дискотеке	175	

Человек оказывается постоянно погруженным в шум различной интенсивности (табл. 2).

**Характеристики некоторых источников шума [11]**

**Таблица 2**

Шум	Интенсивность I, Вт/м <sup>2</sup>	Звуковое давление P, Па	Уровни Lu, дБ
Порог слышимости:	10-12	2x10 <sup>-5</sup>	0
Шорох листьев	10-11	6,3x10 <sup>-5</sup>	10
Тиканье карманных часов	10-10	2x10 <sup>-4</sup>	20
Шепот	10-9	6,3x10 <sup>-4</sup>	30
Разговор:			
тихий	10-8	2x10 <sup>-3</sup>	40
обычный	10-7	6,3x10 <sup>-3</sup>	50
Тихая музыка	10-6	2x10 <sup>-2</sup>	60
Звук работающего пылесоса	10-5	6,3x10 <sup>-2</sup>	70
Звон будильника	10-4	2x10 <sup>-1</sup>	80
Звук при работе:			
вентиляторной установки	10-3	6,3x10 <sup>-1</sup>	90
турбокомпрессора	10-2	2,0	100
авиационного двигателя	10-1	6,3	110
пневматической дрели	1	2x10	120
Взлет реактивного самолета	10	6,3x10	130
Болевой порог:	102	2x10 <sup>2</sup>	140
Взлет ракеты	103	6,3x10 <sup>2</sup>	150

Поэтому для сохранения собственно-го здоровья, а забота о здоровье- обязанность каждого гражданина (по Федеральному закону от 21.11.2011 N 323-ФЗ (ред. от 13.07.2015, с изм. от 30.09.2015) «Об основах охраны здоровья граждан в Российской Федерации», Ст. 27), необходимо знать уровень шумового загрязнения.

#### Методы борьбы с шумом

— изоляция источников шума, установка плотных деревянных, кирпичных перегородок

— замена шумных технологических процессов бесшумными.

— расположение шумных цехов на определенном расстоянии от жилых строений, с соблюдением зон разрывов

— применение индивидуальных приспособлений для защиты органа слуха (заглушки и вкладыши, шлемы и др.)

— высадка противозумовых полос из деревьев.

В России разработана система оздоровительно-профилактических мероприятий по борьбе с шумом на производствах, среди которых важное место занимают санитарные нормы и правила. Выполнение установленных норм и правил контролируют органы санитарной службы и общественно-го контроля. [6]

#### Приборы для измерения уровня шума

**Шумомер** – это прибор для измерения уровня громкости звука (шума). Существует российские и международные стандарты, устанавливающие требования к этим приборам. Шумомеры применяются для проведения измерений уровня шума с целью санитарного контроля на рабочих местах, в жилых и общественных зданиях, на территории, аттестации рабочих мест по акустическим факторам. [10]

Принцип работы шумомера состоит в том, что микрофон преобразует колебания звука в электрическое напряжение, которое поступает на специальный усилитель и после усиления выпрямляется и измеряется индикатором по градуированной шкале в децибелах. Для этого в **шумомерах** имеются три комплекта фильтров, которые обеспечивают необходимую форму частотной характеристики при малой громкости. Шкала А ~40 дБ (используется в диапазоне 20-55 дБ), В – средней громкости ~70 дБ (55-85 дБ) и С – большой громкости (85-140 дБ). Характеристика при большой громкости равномерна в полосе частот 30 Гц...8 кГц.

Величина уровня звука в дБ (А) используется при нормировании громкости шума на промышленных предприятиях, жилых домах и на транспорте. Шкала А соответствует человеческому уху.

Таблица 3

Примеры профессиональных приборов и их цены

Прибор	Фото	Характеристика	Цена, руб.
CENTER 320		30...130 дБ (разрешение 0,1 дБ); полоса частот 31,5 Гц...8 кГц; динамич. Диапазон 50 дБ; фильтры А, С; измерение быстро (125 мс)/ медленно (1 с). Производитель – Тайвань	10500
CENTER 323		Измеритель шума, 30 дБ ... 130 дБ (разр. 0,1 дБ); полоса частот 20 Гц ... 8 кГц; динамич. Диапазон 60 дБ; погрешность ±1,4 дБ; фильтры А, С; 2 изм./ с; цифр. И лин. Шкалы; подсветка дисплея; Производитель – Тайвань.	15000
Testo 816-2		Диапазон измерений (на выбор) 30...100 или 60 ... 130 дБ Частотные характеристики –А, С. Уровень собственных шумов – <33 дБ (А) Производитель – Германия	34900

Физически шумомер представляет собой микрофон, к которому подключен вольтметр, отградуированный в децибелах. Поскольку электрический сигнал на выходе с микрофона пропорционален исходному звуковому сигналу, прирост уровня звукового давления, воздействующего на мембрану микрофона, вызывает соответствующий прирост напряжения электрического тока на входе в вольтметр, что и отображается посредством индикаторного устройства, отградуированного в децибелах.

Чувствительность шумомеров зависит от частоты звука, а вид этой зависимости изменяется с изменением интенсивности измеряемого шума (звука). Микрофон, электронная схема и индикатор шумомера предельно устойчивы по отношению к изменениям температуры, влажности, барометрического давления, а также стабильны во времени. В России действует советский стандарт ГОСТ 17187-81. В 2008 этот ГОСТ гармонизирован с европейским стандартом МЭК 61672-1 (IEC 61672-1), результатом чего стал новый ГОСТ Р 53188.1-2008. [ 1 ]

Я провёл небольшой обзор представленных на рынке цифровых шумомеров. На рынке профессионального оборудования имеется огромное количество моделей, однако обзор был проведён по приборам, сходным характеристиками с имеющимся программными низкой и средней ценовых категорий (на 2018 год).

Примеры профессиональных приборов и их цены сведены в таблицу 3.

### Измерение шума программами-шумомерами

#### Инструментарий

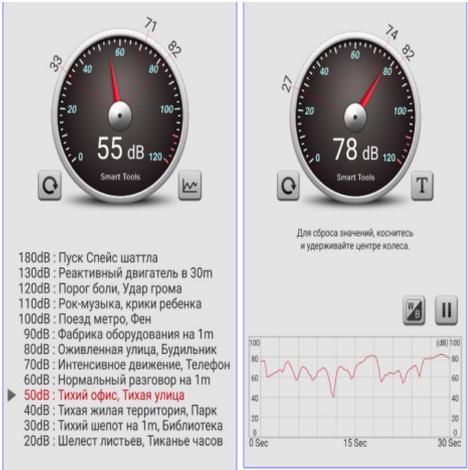
Скорее всего, точность измерения шума с помощью мобильных устройств и приложений зависит от физических свойств датчика (микрофона) и точности программной обработки полученного с помощью датчика сигнала, а так же вывода его для дальнейшей обработки (визуальной, накопления данных и т.д.)

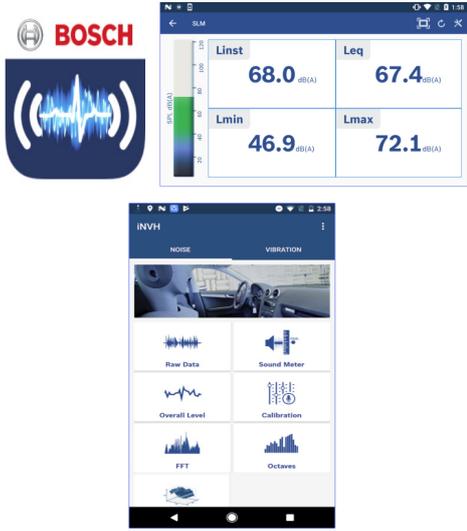
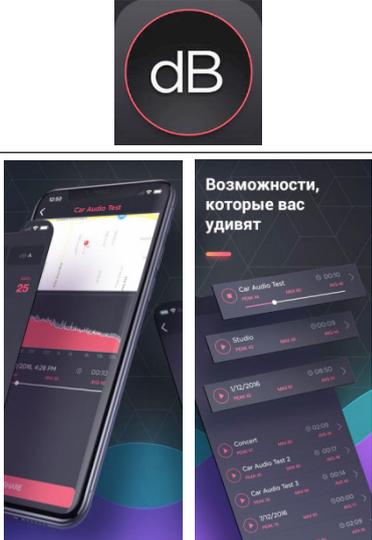
Логично предположить, что в мобильных устройствах на платформах Android и IOS разных производителей и различных моделей используются микрофоны с различными характеристиками. Поэтому для экспериментов я использовал планшетный компьютер Samsung galaxy tab 10.1(Модель GT-P7500, версия Android 3.2) (производитель Samsung INK) , мобильный телефон Alcatel OneTouch Pixi 3(4)(Модель4013D,версия Android 4.4.2) (Франция-США, производство Китай), мобильный телефон iPhone 6S(операционная система IOS 11)(производитель Apple)

В качестве программ-обработчиков мною задействованы программы-шумомеры из набора «Smart tools» и «Bosch», выбранные мною случайным образом из массива бесплатных приложений, представленных на сайте Play Market (Google), а так же программа «Spectrum Analyzer», выбранная мною случайным образом в «App Store».

Таблица 4

Использованные виртуальные приборы

Программы	Скриншоты	Фирма-разработчик
«Smart tools»	 <p>180dB : Пуск Спейс шаттла          130dB : Реактивный двигатель в 30м          120dB : Порог боли, Удар грома          110dB : Рок-музыка, крики ребенка          100dB : Поезд метро, Фен          90dB : Фабрика оборудования на 1м          80dB : Оживленная улица, Будильник          70dB : Интенсивное движение, Телефон          60dB : Нормальный разговор на 1м          ► 50dB : Тихий офис, Тихая улица          40dB : Тихая жилая территория, Парк          30dB : Тихий шепот на 1м, Библиотека          20dB : Шелест листьев, Тиканье часов</p>	Smart Tools co Republic of KOREA

окончание табл. 4		
Программы	Скриншоты	Фирма-разработчик
«Bosch»		Robert Bosch Engineering and Business Solutions Private Limited
«Spectrum Analyzer»		© Vlad Polyanskiy (support@dbmeterpro.com)

### Методика замеров

Методика замеров была взята из [2]. Она основывается на ГОСТе и предназначена для профессиональных приборов. Измерения шума внутри зданий проводились не менее чем в трех точках, находящихся на расстоянии не менее 1,5 м от окон на высоте 1,2—1,5 м от уровня пола. Продолжительность измерения постоянного шума – не менее 3 мин. В каждой точке проводились не менее трех отсчетов, и результаты усреднялись. При проведении замеров помещения были оборудованы в соответствии с их назначением.

Для измерения шума транспортных потоков выбирали участки улиц и дорог с установившейся скоростью движения транспорта

Измерения проводили в период максимальной интенсивности движения транспортных потоков (в «час пик»).

Микрофон мобильного устройства был направлен в сторону транспортного потока. В каждой точке проводились не менее трех отсчетов, и результаты усреднялись.

Результаты представлены в таблице 5.

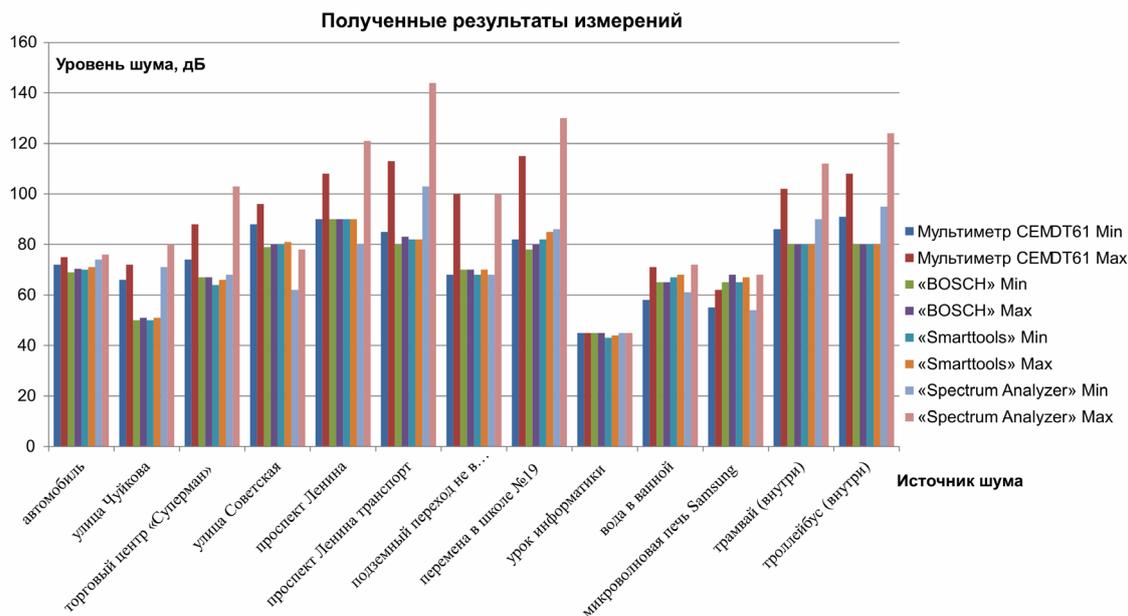
В качестве контроля были использованы показания профессионального мультиметра SEM DT-61. Так как задача получения данных высокой точности не ставилась, а в работе выяснялась принципиальная возможность использования предлагаемого оборудования, то такое сравнение принимается нами допустимым.

Полученные результаты сведены в таблицу 5 (см. ниже).

Полученные результаты

Таблица 5

Источник	Мульти-метр СЕМ DT61	Android шумомер					IOS шумомер			Погрешность, дБ				
		«BOSCH»		«Smarttools»		«Spectrum Analyzer»	«BOSCH»		«Smarttools»		«Spectrum Analyzer»			
		Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Max
автомобиль	72	75	69	70,3	70	71	74	76	3	4,7	2	4	2	1
улица Чуйкова	66	72	50	51	50	51	71	80	15	21	16	21	5	8
торговый центр «Суперман»	74	88	67	67	64	66	68	103	7	21	10	22	6	15
улица Советская	88	96	79	80	80	81	62	78	9	16	8	15	26	18
проспект Ленина	90	108	90	90	90	90	80	121	0	18	0	18	10	13
проспект Ленина транспорт на светофоре	85	113	80	83	82	82	103	144	5	30	3	31	18	31
подземный переход не в «час пик»	68	100	70	70	68	70	68	100	2	30	0	30	0	0
перемена в школе №19	82	115	78	80	82	85	86	130	4	35	0	30	4	15
урок в школе №19	45	45	45	45	43	44	45	45	0	0	2	1	0	0
вода в ванной	58	71	65	65	67	68	61	72	7	6	9	3	3	1
Микроволн. печь Samsung	55	62	65	68	65	67	54	68	10	6	10	5	1	6
трамвай (внутри)	86	102	80	80	80	80	90	112	6	22	6	22	4	10
троллейбус (внутри)	91	108	80	80	80	80	95	124	11	28	11	28	4	16



### Анализ полученных результатов

Как можно увидеть, данные измерений уровня шума нашими способами коррелируют с данными профессионального мультиметра. Погрешность в среднем составляет 10-15%. Скорее всего, она связана с встроенной функцией «шумоподавления» в мобильной операционной системе.

### Выводы

1. Чувствительность микрофонов мобильных устройств разных производителей примерно одинакова.
2. Полученные данные согласуются с данными источников.
3. Программы-шумомеры пригодны для измерения уровня шумового загрязнения в быту, учитывая широту распространения мобильных устройств со встроенными микрофонами.

### Список литературы

1. Свободная энциклопедия Википедия, статья «Шум» [https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A8%D1%83%D0%BC%D0%BE%D0%BC%D0%B5%D1%80http://tehtab.ru/gost/Gost\\_23337-78\\_\(1984\).htm](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A8%D1%83%D0%BC%D0%BE%D0%BC%D0%B5%D1%80http://tehtab.ru/gost/Gost_23337-78_(1984).htm) (дата обращения 02.02.2018)

2. Алдошина И. Основы психоакустики. Громкость // «Звукорежиссер», 2000, № 8

3. Беранек Л., Акустические измерения, пер. с англ., М., 1952; Измерение шума машин и оборудования, М., 1968.

4. Элементарный учебник физики под ред. академика Г.С.Ландсберга М., изд. «Наука», 1986.

5. Свободная энциклопедия Википедия, статья «Шумомер» <https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A8%D1%83%D0%BC%D0%BE%D0%BC%D0%B5%D1%80http://www.kornienko-ev.ru/BCYD/page232/page492/index.html> (дата обращения 02.02.2018)

6. Ю. А. Духанин, д. Ф. Акулин. Техника безопасности и противопожарная техника в машиностроении. – М.: «Машиностроение», 1973

7. ПОСОБИЕ К МГСН 2.04-97 Проектирование защиты от транспортного шума и вибраций жилых и общественных зданий. Правительство Москвы, Москомархитектура, 1999.

8. «Экология и безопасность жизнедеятельности» /Под редакцией Л.А. Муравья. – Коллектив авторов, 2000, ООО «ИЗДАТЕЛЬСТВО ЮНИТИ-ДАНА», 2000

9. С.А. Филько. Логарифмическая шкала звука. Вестник ЖГУ им. И. Жансугурова № 2-3 / 2012.

10. Иванов, Н.И. Инженерная акустика. Теория и практика борьбы с шумом : учебник / Н.И. Иванов. — М. : «Логос», 2008.