

УДК: 519.684; 534.6

OECD: 5.03.HB; 1.02.EB

## Разработка акустического калькулятора для сопровождения методик измерений

Тюрин А.П.

Д.т.н., профессор кафедры «Техносферная безопасность»,  
ФГБОУ ВО «ИжГТУ имени М.Т. Калашникова», г. Ижевск, РФ

### Аннотация

В статье рассматривается задача разработки простейшего акустического калькулятора для использования при выполнении акустических измерений. В области инженерной акустики существуют распространенные случаи операций с децибелами - сложение, вычисление среднего значения, вычитание, оценка неопределенности и проч. Как правило, вычисления по формулам, которые используют инженеры, легко выполняются либо в известных офисных программных пакетах, либо в том программном обеспечении, которое используется для более сложных акустических вычислений. Тем не менее, необходимость в простейшем калькуляторе имеется всегда, в том числе на первых порах работы с децибелами. Кроме того, при разработке методов контроля, оценки и нормирования опасных и вредных акустических факторов производства использование такого подхода актуально. Разработка калькулятора реализована в несколько этапов: 1) определение функциональности приложения; 2) определение общего шаблона проектирования; 3) реализация программного кода; 4) проверка (тестирование) на классических примерах. Программа позволяет: вычислять сумму децибел, их среднее значение, осуществлять взаимный перевод акустических величин: уровней звукового давления (звука), звукового давления, звуковой мощности, оценивать шум на рабочем месте с учетом акустического вклада отдельно взятой операции в течение рабочей смены. Все вычисления для наглядности сопровождаются визуализацией результатов в виде двумерных графиков. Преимущества: использование калькуляторов в виде мобильных приложений не требует доступа к интернету, способствует более экономичному расходу аккумуляторной батареи устройства, и использование подобных программ может быть полезно также для студентов специальностей, связанных с акустическими расчетами на этапе освоения акустической дисциплины.

**Ключевые слова:** акустический калькулятор и расчеты, мобильное приложение, обучение, децибелы.

### *Development of an acoustic calculator to support measurement method*

Tyurin A.P.

Doctor of technical Sciences, Professor of the Technosphere Security Department,  
Kalashnikov Izhevsk State Technical University, Izhevsk, Russia

### Abstract

The article discusses the task of developing the simplest acoustic calculator for use in performing acoustic measurements. In the field of engineering acoustics, there are common cases of operations with decibels - addition, calculation of the average value, subtraction, estimation of uncertainty, etc. Typically, formulas used by engineers are easily performed either in well-known office software packages or in software that is used for

more complex acoustic calculations. Nevertheless, the need for a simple calculator is always there, including at first working with decibels. Therefore, the development of such "pocket calculators" is quite relevant and in demand. The development of the calculator is implemented in several stages: 1) determining the functionality of the application; 2) definition of a common design pattern; 3) implementation of program code; 4) verification (testing). The program allows you to: calculate the sum of decibels, their average value, perform a mutual translation of acoustic quantities: sound pressure (sound), sound pressure, sound power levels, estimate noise at the workplace taking into account the acoustic contribution of a single operation during a work shift. All calculations for visualization are accompanied by visualization of the results in the form of two-dimensional graphs. Advantages: the use of calculators in the form of mobile applications does not require access to the Internet, contributes to a more economical consumption of the device's battery, and the use of such programs can also be useful for students of specialties related to acoustic calculations at the stage of mastering the acoustic discipline.

**Keywords:** acoustic calculations, mobile application, training, decibels.

## Введение

Использование цифровой образовательной среды в настоящее время получает все более широкое распространение [1, 2, 3]. Не обошло это и специалистов-акустиков. Речь идет о различного рода карманных калькуляторах, позволяющих проводить операции с децибелами. Несмотря на полезность устного счета или счета в уме, значимость ошибки при их использовании снижается. С другой стороны, необходимо отметить, что как в России, так и за рубежом существует множество методик, которые предполагают вполне серьезные вычисления на основе имеющихся исходных данных. Как быть в этом случае? Западные специалисты предлагают калькуляторы, реализованные в MS Excel с использованием макросов, доступные для свободного использования. В России встречаются случаи реализации простейших акустических калькуляторов в режиме онлайн, которые при надежном доступе к интернету помогают оперативно выполнить необходимые простейшие расчеты.

Простейшие приемы операций с децибелами можно встретить в известных учебных изданиях по акустике [4, 5]. В случае с большим количеством данных и требованиями к точности вычислений вероятность ошибки при устном счете возрастает и потому такой метод счета становится непригоден.

В целом, акустические калькуляторы получают широкое распространение. Преимущественно их можно разделить на две большие группы: 1) для оценки воздействия на человека (как правило, работника) шума или вибрации и расчета эффективности средств индивидуальной защиты по методикам, оговоренным в нормативно-технических документах; 2) для расчета времени реверберации в помещении при выборе акустического отделочного материала в области строительной акустики. В качестве промежуточной группы можно выделить калькуляторы, направленные на работу с децибелами.

## 1. Обзор существующих виброакустических калькуляторов

В качестве примера использования простейших калькуляторов можно привести разработки российской приборостроительной компании «НТМ-Защита» [6]. Все они реализованы в режиме онлайн. Их преимущества бесспорны, так как в том числе они являются хорошим инструментом для популяризации своей продукции и ее продвижения на рынке. Данные интернет-решения позволяют с легкостью выполнять акустические вычисления, в том числе, если есть необходимость таких вычислений применительно к

определенной методике, изложенной в государственном стандарте. Так «калькулятор расчета экспозиционной дозы теплового облучения» служит для расчета экспозиционной дозы теплового облучения с указанием класса условий труда по таким параметрам как интенсивность и доза теплового облучения. Программа позволяет получать результаты и рекомендации по возможным способам обеспечения допустимых условий труда.

Специальный «виброакустический калькулятор» необходим для работы с децибелами, которые были получены в результате измерений уровней звука. Это один из универсальных калькуляторов, доступный и простой в использовании. Его достоинством является отсутствие привязки к конкретной модели шумоизмерительного прибора.

Инструментом, призванным существенно облегчить массив вычислений, предусмотренные в методиках по ГОСТ Р ИСО 9612-2016 «Акустика. Измерение шума для оценки его воздействия на человека. Метод измерения на рабочих местах», является «калькулятор-9612». Другой калькулятор – калькулятор-20444 – рассчитывает эквивалентный уровень звука транспортного потока на интервале наблюдения с неопределенностью результата.

Кроме калькуляторов, облегчающих работу с децибелами, специалистами разрабатываются калькуляторы, которые направлены на выполнение простейших акустических расчетов потребителями. В частности, такие решения присущи производителям шумозащитных материалов. Такие калькуляторы помогают подобрать акустическую отделку для помещений, выполняя расчеты времени реверберации, разборчивости речи и проч. в диапазоне октавных полос от 125 до 4000 Гц с учетом материала стен, потолков, наличия окон или дверей из материалов, из которых они изготовлены (рис.1). Например, такие практики предлагаются зарубежной компанией «Ecorphon» [7]. Достоинство данного подхода кроется также в возможности сохранения выполненных расчетов в формате электронного документа. Одновременно потребитель также получает гарантию надежности приобретаемых услуг/продукции.

К основной причине создания виброакустических калькуляторов можно отнести автоматизацию расчетов, обусловленных требованиями специальных методик, как зарубежного, так и отечественного происхождения. Например, для реализации методик, изложенных в руководстве «Controlling noise at work. The Control of Noise at Work Regulations – 2005» [8] разработана серия калькуляторов, представленных на странице Управления по охране труда в Великобритании <https://www.hse.gov.uk/noise/calculator.htm>. Они позволяют оценить воздействие шума при ежедневном или еженедельном его воздействии, а также эффективность защиты органов слуха. К ним относятся: 1) калькулятор расчета экспозиции шума в течение дня; 2) калькулятор расчета экспозиции шума в течение недели; 3) калькулятор расчета эффективности защиты слуха; 4) калькулятор оценки воздействия шума в случае, если в течение некоторого времени рабочей смены средства защиты слуха не используются.

Для использования готовых калькуляторов необходимо знать уровень шума и продолжительность его воздействия, например, в течение рабочей смены. Для оценки воздействия шума, который периодически изменяется в течение недели, необходимо знать экспозицию шума для каждого дня рабочей недели.

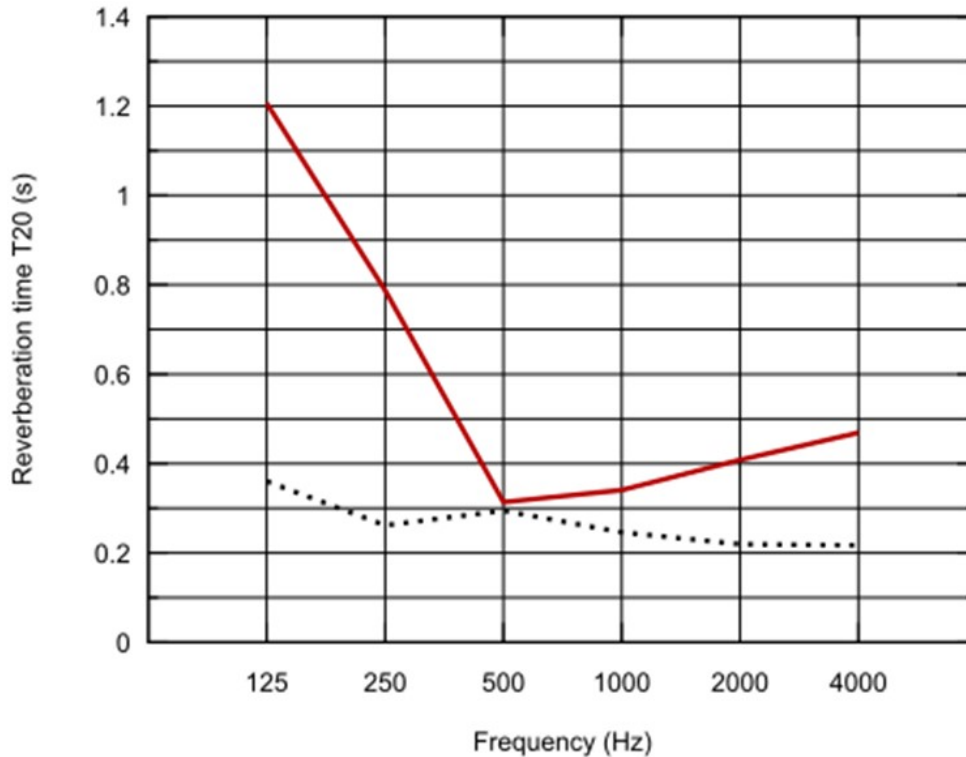


Рис. 1. Графический результат расчета времени реверберации (красная линия – расчет времени реверберации с учетом опыта компании, штриховая – расчет на основе формулы Сэбина)

Кроме сугубо акустических расчетов важны также расчеты и вибрационного воздействия. Вибрация, передающаяся на руки, является широко распространенной опасностью для работников во многих отраслях и сферах деятельности. Управлением по охране труда в Великобритании – Health and Safety Executive (официальный сайт <https://www.hse.gov.uk/>) разрабатываются процедуры по оценке эффективности средств индивидуальной защиты рук от вибрации [9]. Методики расчета автоматизированы в MS Excel и позволяют:

1. Рассчитать длительность использования средств индивидуальной защиты рук от вибрации с учетом их эффективности защиты и вида действующей вибрации.
2. Рассчитать дозу общей вибрации, полученную в течение дня, на основе ее физических характеристик – уровня виброскорости и виброускорения по трем осям.

Случаи использования калькуляторов просты. Можно привести следующий классический пример: оператор использует три вида виброопасного инструмента в течение рабочего дня. Величины виброускорения составляют 10, 6 и 3,5 м/с<sup>2</sup>, а общее время воздействия 15, 30 и 90 минут соответственно. Для первого инструмента (ударный гайковерт) его категория выбирается из раскрывающегося списка, при этом автоматически вводится значение вибрации 10 м/с<sup>2</sup>, которое является «рекомендуемым исходным значением» для этого инструмента из специальной таблицы «Сводка величин вибрации некоторых распространенных машин». Для других инструментов значения вводятся вручную. При вводе информации о продолжительности воздействия можно использовать часы, минуты или комбинированный формат времени. Автоматически вычисленные результаты показывают значения экспозиции для трех видов инструментов и общую экспозицию, которая составляет 2,8 м/с<sup>2</sup>. В случае если полученное значение экспозиции превышает установленное нормативное значение, то в соответствующей ячейке возникает соответствующее предупреждение.

Акустические калькуляторы являются частью исследовательской работы производителей и ученых, занимающихся разработкой шумозащитных материалов [10, 11, 12]. В частности, на сайте Knauf можно найти серию как онлайн калькуляторов, так и калькуляторов, реализованных в виде мобильных приложений – Room Acoustic Calculator [13]. Калькулятор удобен для простейших расчетов применительно к комнатной акустике, в частности, применительно к расчету и подбору подвесных потолков серии АМФ. Наличие подвесного потолка приводит к изменению времени реверберации в помещении, и поэтому обеспечение оптимальной акустики помещения является одним из важнейших требований к конструкции потолочных систем. В зависимости от назначения помещения и его использования требования времени реверберации будут различаться. Выбор соответствующего потолка помогает осуществить акустический калькулятор АМФ, с помощью которого можно легко выполнять расчеты времени реверберации и оценить будущую акустику помещения.

Наконец, еще один пример использования акустического калькулятора в области строительной акустики можно встретить на сайте датской компании DAMPA [14]. Он также предназначен для предварительной оценки времени реверберации после отделки помещения акустическими материалами. Расчет предполагает следующие классические этапы: 1) ввод исходных данных – размеров помещений и типа отделки стен, пола, потолка, дверей, окон; 2) подбор материала для акустической отделки из каталога компании; 3) акустические расчеты – расчет времени реверберации в сравнении до и после реализации мероприятий; 4) экспорт результатов вычислений в файл.

## 2. Практическая реализация

Задачей данного исследования являлась разработка калькулятора для смартфона под управлением операционной системы Android. Простейшее приложение можно использовать в качестве наглядного и проверочного инструмента при изучении известных акустических величин – уровней звукового давления, эквивалентных уровней звука, экспозиции шума при воздействии в течение рабочего дня и проч. Разработка программы выполнялась в среде Android Studio, представляемой компанией Google LLC. Этапы реализации решения заключались в следующем:

1. Определение функциональности приложения.
2. Определение общего шаблона проектирования.
3. Реализация программного кода.
4. Апробация (тестирование).

Функциональность приложения, не претендующего на профессиональный калькулятор, заключается в том, что оно должно выполнять следующие задачи:

1. Вычисление суммы децибел.
2. Вычисление среднего значения децибел.
3. Взаимный перевод акустических величин: уровней звукового давления (звука), звукового давления, мощности звука.
4. Оценка шума на рабочем месте с учетом акустического вклада отдельно-взятой операции в течение рабочей смены.

Все вычисления для наглядности должны сопровождаться визуализацией результатов в виде графиков.

В качестве общего шаблона проектирования был выбран шаблон под общим названием Navigation Drawer Activity. Данный шаблон весьма популярен и используется во многих приложениях подобного плана. Основным элементом данного шаблона является панель навигации, в котором отображается главное меню навигации приложения. Панель

навигации, по механизму поведения напоминающая выдвижение «ящика», появляется при касании пользователем значка ящика в верхней части экрана устройства или при реализации жеста пролистывания (англ. *swiping*) пальцем руки от левой части экрана. Значок панели навигации отображается на всех отображаемых экранах верхнего уровня (модулях), на которых выполняются конечные вычисления.

Структурная блок-схема приложения представлена на рис.2. Для соответствующих модулей представлены входные и выходные данные. Итог всякого вычисления в программе сопровождается визуализацией в виде простого графика.



Рис. 2. Структурная блок-схема приложения

### 3. Апробация на известных примерах

Несмотря на то, что проектирование программы предполагает одновременную проверку на корректность вычисления, тем не менее, для проверки эффективности всегда необходимо ориентироваться на известные примеры. Приведем эти примеры вычислений, взятые из достоверных источников.

#### 1. Вычисление суммы децибел.

Пример взят из источника [5, стр. 45]. Требуется сложить 100, 94 и 80 дБА. Результат – 101 дБА. Визуально результат представлен на рис.3, на котором красной линией обозначен результат суммирования.

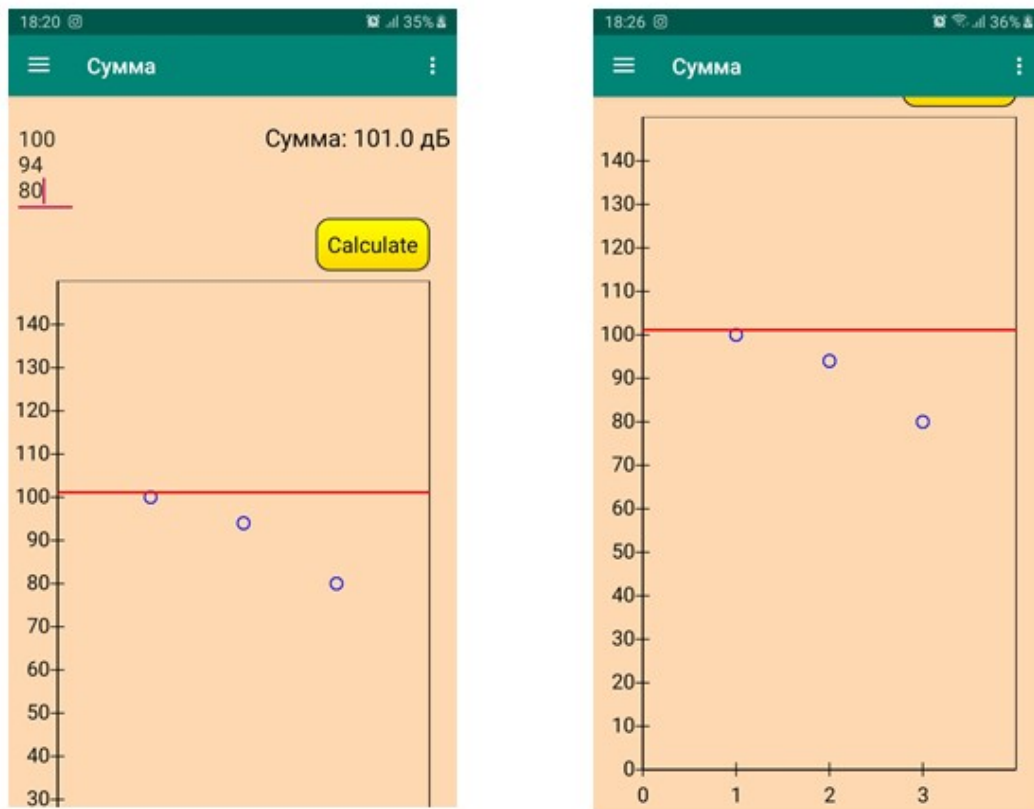


Рис. 3. Вычисление суммы децибел

## 2. Вычисление среднего значения.

Пример взят из ГОСТ 23337-2014 «Шум. Методы измерения шума на селитебной территории и в помещениях жилых и общественных зданий» со стр. 28.

Среднее значение определялось по формуле:

$$\bar{L}_{Aeq} = 10 \lg \left( \sum_{i=1}^n 10^{0,1 \cdot L_i} \right) - 10 \lg n, \quad (1)$$

где  $L_i$  - значение измеренного уровня звука (или уровня звукового давления), полученное для  $i$ -го измерения в данной точке измерения;  $i=1, 2, 3, \dots, n$  - общее количество измерений в данной точке.

Неопределенность по типу А, связанную с погрешностями методики измерений и влиянием факторов окружающей среды, определялась по формуле:

$$U_A = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (L_i - \bar{L}_{Aeq})^2}{n(n-1)}}. \quad (2)$$

Расширенная неопределенность измерений  $U$  (95 %) для уровня доверия 95% вычислялась по формуле:

$$U(95\%) = 2 \cdot \sqrt{U_A^2 + U_B^2}, \quad (3)$$

где  $U_B$  - погрешность по типу В, обусловленная инструментальной погрешностью:

$$U_B = \frac{\Delta L_{\text{инстр}}}{\sqrt{3}}, \quad (4)$$

где  $\Delta L$  – инструментальная погрешность. Для приборов 1-го класса точности принимается 0,7 дБА, для 2-го класса – 1,5 дБА.

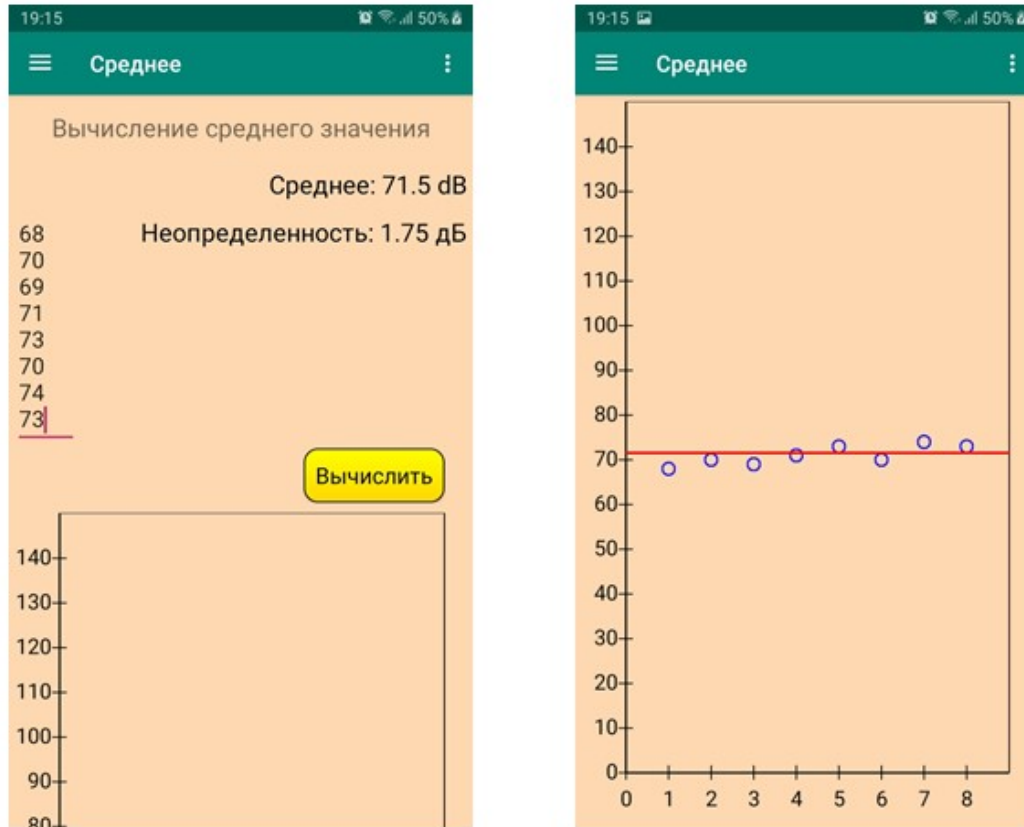


Рис. 4. Вычисление среднего значения и неопределенности для уровня доверия 0,95

### 3. Перевод акустических величин.

Перевод акустических величин является часто используемым, в качестве основы взяты данные из [14]. Данный блок программы позволяет переводить звуковое давление (Па) в уровень звукового давления (дБ) и звуковую мощность (Вт). Предусмотрены и преобразования в другие направления. Используемые формулы:

Уровень звукового давления в звуковое давление:

$$P = \left(10^{\frac{L}{20}}\right) \cdot P_0, \quad (5)$$

где  $P_0$  – опорный уровень звукового давления,  $P_0 = 2 \cdot 10^{-5}$ , Па.

Уровень звукового давления в звуковую мощность:

$$W = \left(10^{\frac{L}{10}}\right) \cdot W_0, \quad (6)$$

где  $W_0$  – опорное значение звуковой мощности,  $W_0 = 10^{-12}$  Вт.

Звуковое давление в уровень звукового давления:

$$L = 20 \lg \left(\frac{P}{P_0}\right). \quad (7)$$



Звуковое давление в звуковую мощность:

$$W = \left( P \cdot \left( \frac{W_0^{0,5}}{P_0} \right) \right)^2. \quad (8)$$

Звуковая мощность в уровень звукового давления:

$$L = 10 \lg \left( \frac{W}{W_0} \right). \quad (9)$$

Звуковая мощность в звуковое давление:

$$L = P_0 \cdot \left( \frac{W}{W_0} \right)^{0,5}. \quad (10)$$

Наряду с полученными значениями приводится шкала ориентировочного соответствия уровня звука (звукового давления) характерным явлениям, проявляющимися в техносфере. Примеры расчетов представлены на рис.5.

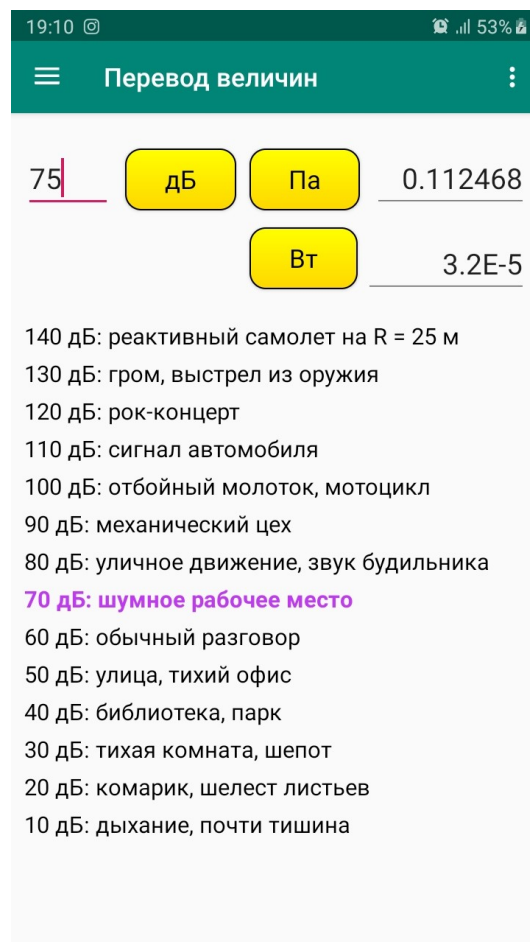


Рис. 5. Перевод акустических величин

4. Вычисление эквивалентного уровня звука за 8-ми часовой рабочий день с учетом акустической картины технологической операции.

В качестве примера вычисления взята задача, представленная в ГОСТ Р ИСО 9612-2013 «Акустика. Измерения шума для оценки его воздействия на человека. Метод измерений на рабочих местах» (Приложение D, справочное). Детали примера

приведены в самом документе. Кратко задача сводится к следующему: дать оценку шума на рабочем месте сварщика механической мастерской с использованием стратегии измерения на основе рабочей операции. Ключевые периоды рабочей смены сварщика: планирование работ, сварка деталей и их зачистка (резка). Для каждой операции на основе «выполненных измерений» были рассчитаны эквивалентные уровни звука как средние значения этих измерений, полученные предварительно. На рис. 6 представлен результат расчета. Для удобства (на рис.6 не показано) нажатие на каждую надпись  $L$ , дБ;  $T$ , мин;  $L_{ex8i}$ , дБ;  $L_{ex8}$ , дБ вызывает появление дополнительного диалогового окна, поясняющего смысл этих величин.



Рис. 6. Оценка шума на рабочем месте с учетом рабочих операций

## Заключение

Разработка методов контроля, оценки и нормирования опасных и вредных акустических факторов производства, способов и средств защиты от них является актуальной задачей. В исследовании представлен алгоритм разработки простейшего акустического калькулятора, позволяющего решать несколько практических задач: суммирование децибел и вычисление среднего значения, перевод уровней в физические величины, вычисление эквивалентного уровня звука, действующего на работника в течение 8-часовой рабочей смены с учетом вклада каждой рабочей операции в общую картину шума. При разработке таких калькуляторов важно определить границы их применимости, так как на определенном этапе вычислений требуются комплексные и сложные подходы, реализованные в рамках специального программного обеспечения. Благодаря представленному решению некоторые задачи, присущие акустическим измерениям, могут быть выполнены более оперативно. Дополнительным преимуществом является оценка неопределенности акустических измерений с определенным уровнем

значимости, когда минимально необходимое количество измерений может быть достигнуто, прежде чем условия для их выполнения могут быть нарушены. Кроме того, такой акустический калькулятор является вспомогательным инструментом в образовательных целях, может являться объектом интеллектуальных прав в качестве зарегистрированной программы для ЭВМ.

### Список литературы

1. Churchill Daniel (Ed.), Lu Jie (Ed.), Thomas K.F. (Ed.), Bob Fox (Ed.). *Mobile Learning Design: Theories and Application (Lecture Notes in Educational Technology)*: Springer, 1st ed. 2016 edition. – pp. 431.
2. J. Carlton Collins. *Advanced calculators for your smartphone // Journal of Accountancy*, March 1, 2017. Retrieved from: <https://www.journalofaccountancy.com/issues/2017/mar/smartphone-advanced-calculators.html>
3. Bitter, G. G., & Corral, A. (2015). *Analysis of Learning Outcomes from Mobile Mathematics Applications. International Journal for Innovation Education and Research*, 3(3), 2015, pp. 177-190. <https://doi.org/10.31686/ijer.vol3.iss3.337>
4. Сапожков М.А. *Акустика: Справочник / А.П. Ефимов, А.В. Никонов, М.А. Сапожков, В.И. Шоров; Под ред. М.А. Сапожкова. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Радио и связь, 1989. – 336 с.*
5. Иванов Н.И. *Инженерная акустика. Теория и практика борьбы с шумом: учебник / Н.И. Иванов. – М.: Логос, 2010. – 424 с.*
6. *Калькуляторы [Электронный ресурс]. – Электронные текстовые дан. – Режим доступа: Сайт «Приборостроительная компания НТМ-Защита», свободный : [https://ntm.ru/technical\\_support/175](https://ntm.ru/technical_support/175). – Загл. с экрана. – Описание основано на версии, датир.: июнь 15, 2020.*
7. Skånetryck, A., & Lund, J. *Ecophon Acoustic Calculator. Accurate values in advance (2018). pp. 20. Retrieved from <https://www.ecophon.com/globalassets/media/pdf-and-documents/ecophon.com/cm-brochure-ecophon-acoustic-calculator.pdf>*
8. *Controlling noise at work: Guidance on Regulations (2005). pp. 130. Retrieved from <https://www.hse.gov.uk/pUbns/priced/1108.pdf>*
9. *Control of Vibration at Work Regulations (2005). Retrieved from <http://www.legislation.gov.uk/uksi/2005/1093/contents/made>*
10. Trevor J. Cox, Peter D'Antonio. *Acoustic Absorbers and Diffusers. Theory, design and application. – 2nd ed. Taylor & Francis Group: London and New York, 2009. – pp. 476.*
11. *Calculate your acoustics [Электронный ресурс]. – Электронные текстовые дан. – Режим доступа: Сайт Troldekt®, свободный : <https://www.troldekt.com/web-tools/acoustics-calculator/>. – Загл. с экрана. – Описание основано на версии, датир.: июнь 10, 2020.*
12. *Acoustic Calculator [Электронный ресурс]. – Электронные текстовые дан. – Режим доступа: Сайт компании Dampa, свободный : <https://dampa.com/building/acoustics/acoustic-calculator/>. – Загл. с экрана. – Описание основано на версии, датир.: июнь 12, 2020.*
13. *KNAUF AMF Room Acoustic Calculator. Retrieved from <https://www.knaufamf.com/en/tools-service/amf-tools/acoustics-calculator/index.php#>*
14. Кацнельсон М.У., Селиверстов Б.А., Цукерников И.Е. *Снижение шума машин пищевых производств. – М.: Агропромиздат, 1986. – 256 с.*

## References

1. Churchill Daniel (Ed.), Lu Jie (Ed.), Thomas K.F. (Ed.), Bob Fox (Ed.). *Mobile Learning Design: Theories and Application (Lecture Notes in Educational Technology)*: Springer, 1st ed. 2016 edition. – pp. 431.
2. J. Carlton Collins. *Advanced calculators for your smartphone // Journal of Accountancy*, March 1, 2017. Retrieved from: <https://www.journalofaccountancy.com/issues/2017/mar/smartphone-advanced-calculators.html>
3. Bitter, G. G., & Corral, A. (2015). *Analysis of Learning Outcomes from Mobile Mathematics Applications. International Journal for Innovation Education and Research*, 3(3), 2015, pp. 177-190. <https://doi.org/10.31686/ijer.vol3.iss3.337>
4. Sapozhkov M.A. *Acoustics: Manual / A.P. Efimov, A.V. Nikonov, M.A. Sapozhkov, V.I. Shorov; Ch. Ed. M.A. Sapozhkov. – 2-nd ed. – Moscow: Radio and Communication, 1989. – 336 pp.*
5. Ivanov N.I. *Engineering acoustics. Theory and practice of noise control: Textbook / N.I. Ivanov. – Moscow: Logos, 2010. – 424 pp.*
6. *Calculators [Electronic resources]. – Electronic text data. – Available at: [https://ntm.ru/technical\\_support/175](https://ntm.ru/technical_support/175). – June 15, 2020.*
7. Skånetryck, A., & Lund, J. *Ecophon Acoustic Calculator. Accurate values in advance (2018). pp. 20. Retrieved from <https://www.ecophon.com/globalassets/media/pdf-and-documents/ecophon.com/cm-brochure-ecophon-acoustic-calculator.pdf>*
8. *Controlling noise at work: Guidance on Regulations (2005). pp. 130. Retrieved from <https://www.hse.gov.uk/pUbns/priced/1108.pdf>*
9. *Control of Vibration at Work Regulations (2005). Retrieved from <http://www.legislation.gov.uk/uksi/2005/1093/contents/made>*
10. Trevor J. Cox, Peter D'Antonio. *Acoustic Absorbers and Diffusers. Theory, design and application. – 2nd ed. Taylor & Francis Group: London and New York, 2009. – pp. 476.*
11. *Calculate your acoustics. Retrieved from <https://www.troldtekt.com/web-tools/acoustics-calculator/>*
12. *Acoustic Calculator. Retrieved from <https://dampa.com/building/acoustics/>*
13. *KNAUF AMF Room Acoustic Calculator. Retrieved from <https://www.knaufamf.com/en/tools-service/amf-tools/acoustics-calculator/index.php#>*
14. Katsnelson M.U., Seliverstov B.A., Zukernikov I.E. *Noise decreasing from food production machines. – Moscow: Agropromizdat, 1986. – 256 pp.*