

УДК: 519.684, 534.6

OECD: 5.03.HB, 1.02.EB

Разработка приложения для ведения отчетности результатов акустических измерений с учетом их стратегии

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 приложения для ведения отчетности результатов акустических измерений, выполненных в соответствии с ГОСТ Р ИСО 9612-2016. Приложение позволяет накапливать данные измерений, полученных на основании известных стратегий: рабочего дня, трудовой функции и рабочей операции в памяти браузера пользователя. В области инженерной акустики ведение отчетности, соответствующей установленным стандартам, играет не только «накопительную» роль, но при соответствующей организации хранения данных в базе, позволяет анализировать массивы данных по разным параметрам. Последний аспект становится актуальным при разработке методов контроля, оценки и нормирования опасных и вредных акустических факторов производства. Разработка приложения реализована в несколько этапов: 1) определение функциональности приложения; 2) определение общего шаблона проектирования; 3) реализация программного кода; 4) проверка производительности на рабочих примерах. Впервые реализована концепция «помощника» по выбору стратегии акустических измерений в виде системы тестирования. Программа позволяет формировать протоколы акустических измерений, их редактирование и анализ после фильтрации по статусу утверждения. Приложение, впервые выполненное в виде прогрессивного веб-приложения, предназначено для работы в браузере с настольных или планшетных персональных компьютеров. Использование подобных программ может быть полезно для студентов специальностей, связанных с акустическими измерениями и расчетами.

Ключевые слова: акустические измерения, стратегия, обработка, трудовая функция, рабочий день, прогрессивное веб-приложение.

Development of the application for reporting the results of acoustic measurements, taking into account their strategy

Tyurin A.P.

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

Abstract

The article deals with the task of developing an application for reporting the results of acoustic measurements performed in accordance with GOST R ISO 9612-2016. The application allows you to accumulate measurement data obtained on the basis of known strategies: working day, work function and work operation in the memory of the user's browser. In the field of engineering acoustics, reporting that meets established standards plays not only a "cumulative" role, but with the appropriate organization of data storage in the database, it allows analyzing data arrays according to various parameters. The latter aspect becomes relevant in the development of methods for monitoring, evaluating and standardizing dangerous and harmful acoustic

production factors. The development of the application is implemented in several stages: 1) determining the functionality of the application; 2) defining a common design pattern; 3) implementation of the program code; 4) performance check on working examples. For the first time, the concept of an “assistant” for choosing an acoustic measurement strategy was implemented in the form of a testing system. The program allows you to generate protocols of acoustic measurements, their editing and analysis after filtering by approval status. The application, first made as a progressive web application, is designed to run in a browser from desktop or tablet personal computers. The use of such programs can be useful for students of specialties related to acoustic measurements and calculations.

Keywords: acoustic measurements, strategy, processing, work function, working day, progressive web application.

Введение

Использование большого количества новых технологий и новых машин в производственных процессах приводит к пропорциональному росту шума и вибрации. Шум и вибрация стали неотъемлемыми объектами активных мер безопасности, так как они представляют опасность для здоровья работающих и населения. Тем не менее, разрабатываются и превентивные решения, предусмотренные в новом законодательстве и стандартах. Они способствуют высокому уровню унификации требований безопасности к машинам, а также к рабочей среде с точки зрения акустики. Для целей оценки шумового воздействия развиваются как подходы, основанные на концепции риска [1], так и подходы, основанные на классических измерениях и последующем принятии решений. В Трудовом Кодексе Российской Федерации понятие профессионального риска и его управление изложено в главе X.

Исследования акустической обстановки могут быть весьма сложными, направленными на выявление и анализ основных физических процессов, являющихся источниками шума, а затем способствующими обоснованию и разработке мероприятий [2, 3, 4]. Путем расчета уровней звуковой мощности и изучения параметров конструкции, влияющих на звуковую мощность, создаваемую оборудованием, может быть получено эмпирическое уравнение для расчета уровня акустической мощности в зависимости от физических параметров. Зачастую, в рабочей зоне шум образуется за счет множества технологических установок, как отдельных источников шума. С одной стороны, могут быть выявлены самые шумные устройства и предложены некоторые рациональные предложения по снижению уровня звукового воздействия без выполнения измерений. С другой стороны, измерения являются важным этапом стандартизированной процедуры. В последнее время, в связи с активным развитием направлений, связанных с экологией зданий, протоколирование результатов акустических измерений позволяет проверить согласованность характеристик, полученных на этапе проектирования и в реальности [5].

В руководящих стандартах, посвященных оценке воздействия шума на работников, имеются некоторые рабочие примеры, поясняющие основные принципы расчета нормируемых характеристик шума в соответствии с выбранной стратегией измерения. В частности, такими примерами служат рабочие места сварщиков, рабочие места водителей. В зарубежной литературе также можно встретить исследования, посвященные оценке шумовой обстановки на рабочих местах известных профессий, и выполнить анализ подходов, связанных как с оценкой шума, так и обоснованию необходимых мероприятий по его снижению.

Так, в работе [4] проведено исследование акустической проблемы в металлообрабатывающей промышленности г. Манаус, Бразилия. Анализ аспектов,

связанных с особенностями конструкции и физическими процессами штамповки предварил картирование всей интересующей области города. В выбранных точках измерения шума выполнялись в различное время: утром, днем и ночью. Результаты статистического анализа, выполненные с использованием статистического программного обеспечения, служили для разработки мер контроля и снижения уровня звукового давления для улучшения качества жизни рабочих в течение рабочего дня.

Влияние шума на сварщиков и источники их возникновения исследовано в [6, 7].

Оценка воздействия шума на рабочих, занятых производством стержневой арматуры, выполнена в [8]. Как отмечают авторы, исследование значимо для отработки нормативного подхода к оценке шума в производственной среде. Используемые методы расчета соответствуют изложенным в ISO 9612-2009 «Acoustics - Determination of occupational noise exposure - Engineering method», а анализ результатов соответствует международным стандартам. Методика измерения воздействия шума была реализована в соответствии со следующими этапами: анализ рабочей обстановки; выбор стратегии измерения; собственно, измерения; обработка ошибок и оценка неопределенности; вычисления; и оформление результатов. Конечная цель - разработка плана корректирующих и профилактических действий, направленных на устранение профессионального риска, связанного с воздействием шума.

Данные исследования показывают, что данные, полученные с шумоизмерительных приборов, по той или иной стандартизированной процедуре, и проблема выбора соответствующего программного обеспечения определяется целями исследования.

1. Обзор приложений, упрощающих обработку результатов по оценке шумового воздействия

Оценка шумового воздействия на работника, выполняющего трудовые обязанности, определяется через измерение шума и дальнейшего расчета основной нормируемой характеристики – эквивалентного уровня звука за 8-часовой рабочий день $L_{EX,sh}$. Полученные результаты могут быть использованы при планировании мероприятий по снижению производственного шума. С 01.09.2017 г. в России вступил в силу ГОСТ Р ИСО 9612-2016 «Акустика. Измерения шума для оценки его воздействия на человека. Метод измерений на рабочих местах». Этот документ, идентичный международному стандарту ISO 9612:2009 «Acoustics – Determination of occupational noise exposure – Engineering method», устанавливает дифференцированные методы измерений и расчетов шума применительно к особенностям производственной деятельности на рабочем месте.

Трудоёмкие вычислительные алгоритмы, заложенные в ГОСТ Р ИСО 9612-2016 для получения значимых результатов, приводят к необходимости переложить процесс расчета на персональный компьютер. Дополнительно, возможность процедуры формирования протокола измерений в формате .pdf облегчает процесс их оформления и вывода на печать. Не удивительно, что развитие направления создания специализированного программного обеспечения, позволяющего автоматизировать подобные вычисления, развито не только в России [9], но и за рубежом. Их использование сокращает время на вычисления, обеспечивает точность и снижает вероятность возникновения ошибок. В ГОСТ Р ИСО 9612-2016 подробно описан метод, используемый для оценки неопределенности измерений. Как указывается в [10], при его разработке прорабатывались основные методологические трудности, возникающие при оценке неопределенности, связанной с выборкой шума. Учитывались две проблемы: 1) нелинейность критерия средней энергии, определяющего уравнение, используемое для расчета среднего уровня звука по выборке из N измеренных значений эквивалентных

уровней звукового давления, взвешенных по шкале А; 2) необходимость предоставления метода, простого в использовании и надежного, в том числе при уменьшении размера выборки. Метод, представленный окончательно, обоснован дополнительной информацией о его статистической основе. Выбранная оценка не имеет статистической погрешности и является точной, если справедливо предположение о нормальном распределении измеренных значений, что соответствует критерию средней энергии.

Несмотря на то, что в настоящее время акустическая обстановка оценивается по результатам точечных измерений на рабочем месте в соответствии с ГОСТ Р ИСО 9612-2016, тем не менее, активно развиваются способы идентификации акустической среды по аудиосигналам с носимых датчиков. Такие датчики требуют разработки специального программного обеспечения, а измерения также должны соответствовать принятым стандартам. Для постоянно меняющихся акустических процессов использование персональных дозиметров шума дает возможность выявить связь между состоянием/поведением работника и характеристикой шума на рабочем месте [11]. Производители [12] предлагают новое поколение персональных шумомеров с функциями, ранее доступными только в самых современных портативных шумомерах. Во-первых, они могут работать по беспроводному каналу Bluetooth®), и, следовательно, в режиме сопряжения со смартфоном или иным мобильным устройством. Во-вторых, они выполнены в искробезопасном исполнении, что дает возможность использования в любой отрасли. В том числе, данные датчики удовлетворяют требованиям ISO 9612-2009. Программное обеспечение NoiseSafe упрощает процедуру выгрузки данных, составления профессиональных отчетов и анализа данных. Выполняемый анализ результатов измерений, как аудиоданных восьмичасовой длительности, выполняемый в кратчайшее время, соответствует законодательству. Возможность обработки аудиосигналов в режиме реального времени позволяет «исключать» источники шума, которые носят непредвиденный характер. Преимущества подобных программ следующие:

1. Легкая настройка данных с возможностью выбора необходимых параметров.
2. Возможность быстрого создания необходимых отчетов.
3. Воспроизведение записанного звука для выявления непредвиденного шума.
4. Анализ данных во времени для источника шума.

В работе [13] для оценки воздействия шума также использовались «умные» дозиметры шума (проще говоря, индивидуальные), а измерения выполнялись в соответствии с действующими требованиями в механических мастерских. Поскольку работники, имеющие при себе дозиметр, вольно или невольно неизбежно вносят помехи в измерения, то последующая обработка данных на предмет фактического воздействия шума может оказаться сложной задачей. Оценке ежедневного профессионального шума препятствуют события, связанные с источниками звука, не имеющими отношения к работе, например, «фиктивное» повышение уровня шума, достигаемое за счет размещения дозиметра в непосредственной близости от рабочего инструмента, а также случайные удары и царапины микрофона о твердые поверхности. Как показано в [13], с помощью «умных» дозиметров нового поколения в значительной степени можно устранить такие искажения и тем самым получить более точную оценку фактического воздействия профессионального шума.

Более простым решением обработки результатов акустических измерений по результатам точечных оценок и автоматизирующим процесс обработки данных по ГОСТ Р ИСО 9612-2016 является небольшой калькулятор, разработанный компанией НТМ-Защита [14]. Также представлена версия данной программы, реализованная на языке формул Excel, что является более удобным для использования. Для вычисления итогового результата по результатам измерений стандартом четкий алгоритм позволяет

получить результаты измерений и их неопределенности по любой из стратегий, предусмотренных стандартом: рабочей операции, трудовой функции и рабочего дня. Однако возможность выбора стратегии измерений при тщательном исследовании калькулятора онлайн не обнаружена.

Особенность такого вида программ заключается в том, что, во-первых, при реализации в MS Excel вычисления для нескольких рабочих мест неизбежно приводят к увеличению рабочих листов программы, а при реализации в виде отдельно устанавливаемой версии на ПК требуют технического сопровождения и постоянного обновления на стороне клиента. Между тем, возможности современных браузеров приводят к тому, что набирает популярность тип приложений, известных как прогрессивные веб-приложения (Progressive Web Application или PWA). При работе в приложении из браузера используется его же память, в которой могут храниться не только простейшие данные, но и медиа-файлы. Разработчик запускает обновления только, со своей стороны. Одним из преимуществ данного вида приложений является возможность их развертывания на локальном сервере ноутбука, например, преподавателя, с обеспечением доступа к нему с мобильных устройств студентов по сети Wi-Fi. В этом случае в приложении должна быть предусмотрена мобильная версия.

Существуют и англоязычные версии подобных программ, которые соответствуют англоязычной версии ISO 9612-2009, например, программа, упоминаемая в [13]. Однако зарубежные программы скорее носят частный характер, присущий компаниям, занимающимся непосредственно акустическими расчетами или производством соответствующих устройств и приборов.

Целью данной работы является создание версии действующей программы для акустических вычислений и оценки шума на рабочих местах в цехе по ГОСТ Р ИСО 9612-2016 в виде небольшого PWA-приложения с реализацией функции помощника для выбора стратегии измерения. Реализация программы также обеспечивает наглядность в понимании первичных данных, необходимых для оценки воздействия шума на человека.

2. Практическая реализация

В целом, как было показано в предыдущем разделе, программы для оценки шумового воздействия можно разделить на две группы: 1) программы, определяющие конечный результат на основе совокупности точечных измерений, 2) программы, определяющие конечный результат на основании записанного аудио-спектра. Разработанное приложение можно отнести к первой группе.

Разработка приложения выполнялась в среде Visual Studio Code, представляемой компанией Майкрософт. 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 профессиональную версию, заключается в том, что оно должно выполнять вычисление эквивалентного уровня звука за 8-часовой рабочий день по одной из выбранной стратегии измерений:

- 1) трудовой функции;
- 2) рабочего дня;
- 3) рабочей операции.

Дополнительно необходимо разработать комплекс тестовых вопросов, необходимых

для реализации концепции «помощника» для выбора стратегии измерения.

Все исходные данные, заведенные для конкретного рабочего места, должны иметь возможность последующего редактирования, сохранения в памяти и вызов из нее по запросу, а также фильтрацию «протоколов» в зависимости от статуса – «подписан», «черновик», «на редактировании».

В качестве общего шаблона проектирования используется шаблон проектирования под общим названием MVVM: Модель (Model) – Представление (View) – Модель представления (ViewModel). Основная цель шаблона – разделить приложение на три соответствующих независимых слоя. Первый слой представляет собой логику работы с данными, необходимыми для работы приложения и базой данных (в нашем случае это память браузера IndexedDb). Второй слой (представление) является графическим интерфейсом (окна, кнопки, списки и проч.) и, являясь «подписчиком» на событие изменения значений свойств, предоставляемых моделью представления, взаимодействует с последней путем запросов. Модель представления является связующим звеном первого и второго слоя. С одной стороны – это абстракция представления, с другой стороны – обертка данных из модели. Более подробное описание данного шаблона с точки зрения программирования выходит за пределы данной статьи и может быть найдено в специальной литературе, но общая структурная блок-схема приложения с точки зрения его функционирования представлена на рис. 1.

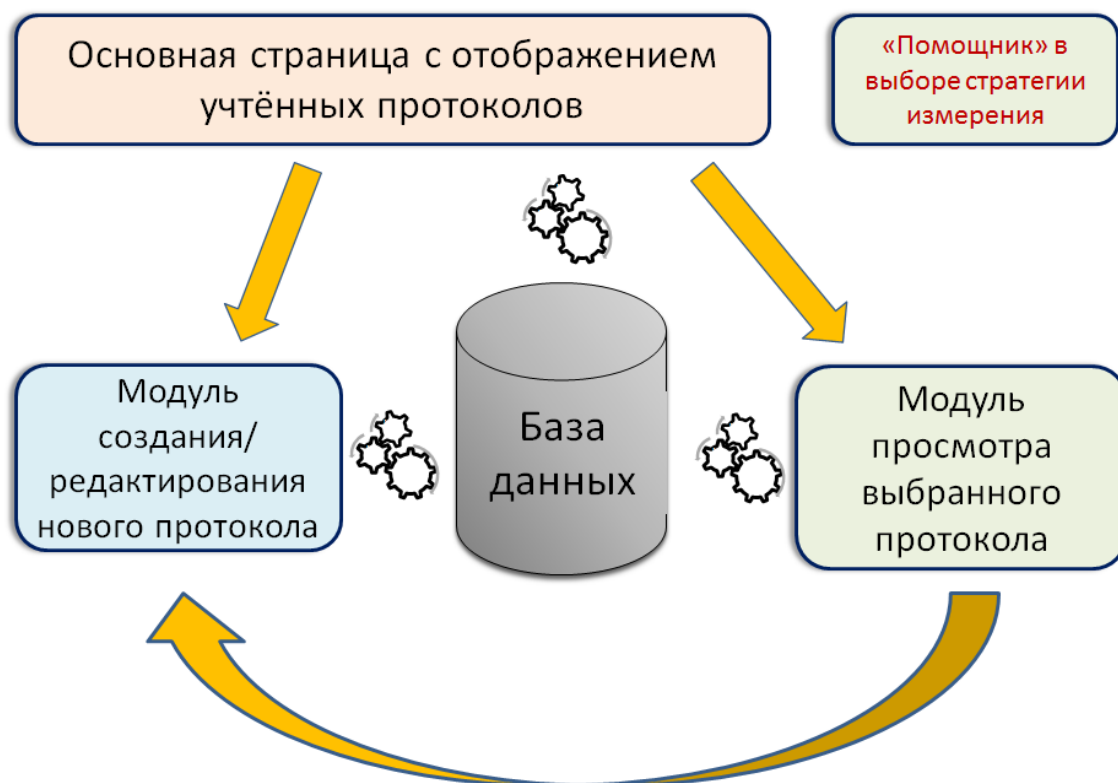


Рис. 1. Структурная блок-схема приложения

Основная страница приложения представлена на рис. 2. Набор из 15 вопросов, входящих в систему тестирования по выбору стратегии измерения, разработан на основе текстового содержания ГОСТ Р ИСО 9612-2016. Для каждой стратегии измерения предусмотрен блок из 5 вопросов, каждый из которых предполагает только один вариант ответа – «да» или «нет». В конце тестирования пользователю выдается решение о необходимости использования той или иной стратегии измерения – на основе рабочего дня, по трудовой функции или рабочей операции. Для подтверждения, ниже представлены первые семь вопросов:

применительно к «рабочей операции»:

1. Ограничено ли число операций, выполняемых работником, каждая из которых хорошо определена?

2. Можно ли действия работника разделить на отдельные, легко описываемые операции?

3. Для каждой четко выделенной операции существуют свои характерные шумовые условия?

4. Можно ли сказать, что разная операция дает свой уникальный вклад в шумовое воздействие за смену? Или, может быть, это фиксированное рабочее место с простой, единичной операцией?

5. Нестационарное рабочее место, известная структура дня, небольшое число операций?

применительно к «трудовой функции»:

6. Все работники работают в схожей шумовой обстановке (работники на поточной линии)?

7. Сложно описать характерный рабочий день для работника и нет возможности провести детальный анализ рабочей обстановки?

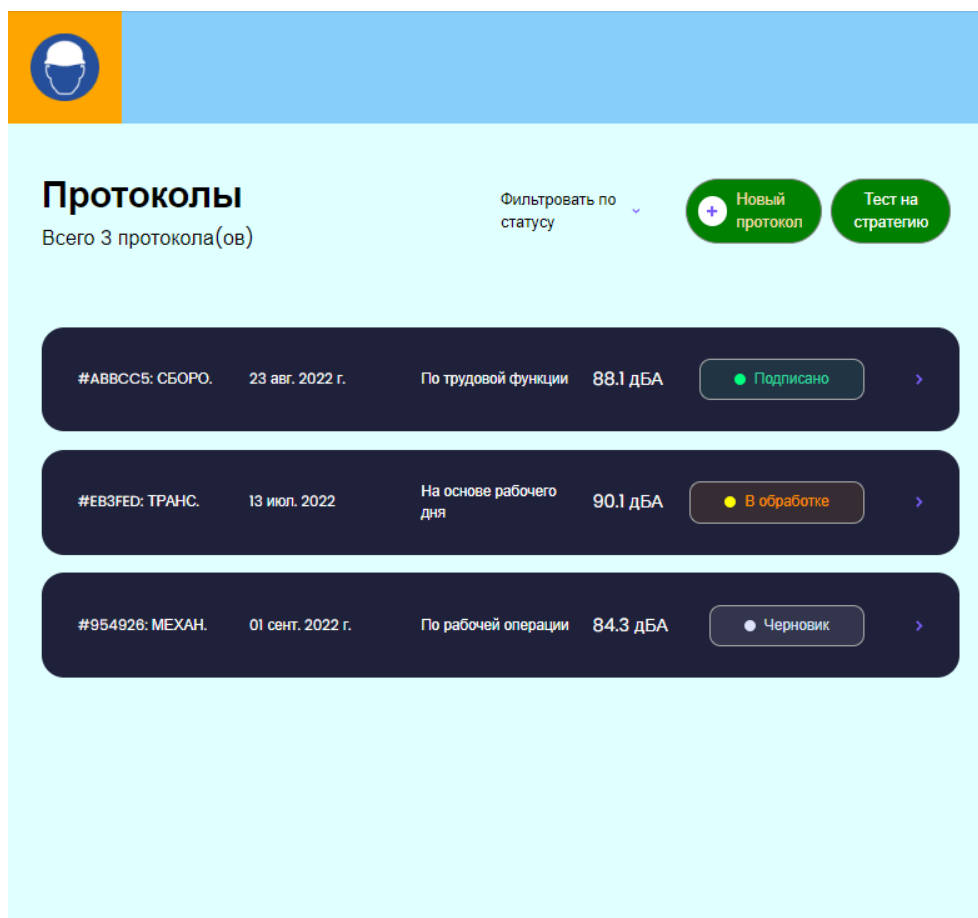


Рис. 2. Главный вид приложения: протоколы статусов – «Подписан», «В обработке», «Черновик»

3. Апробация функциональности

Несмотря на то, что проектирование программы предполагает одновременную проверку на корректность вычисления, тем не менее, для проверки эффективности всегда необходимо ориентироваться на известные примеры. В качестве примеров для заполнения и проверки корректности вычислений по формулам, данные были взяты из ГОСТ Р ИСО 9612-2016 и скорректированы в части описания деятельности для нужд исследования. Все рабочие примеры сведены в табл. 1, 2 и 3.

Таблица 1

Название таблицы Исходные данные по рабочему месту сварщика

| № п/п | Профессия | Описание деятельности | Стратегия измерения | Операция | Т, мин | УЗ, дБА | Вклад операции в УЗ, дБА |
|------------------------------------|-----------|--|----------------------------|--------------------|-------------|---------|--------------------------|
| 1. | Сварщик | Сварка, резка, зачистка, перерывы для планирования работ | По рабочей операции | Планирование работ | 90 | 70,0 | 62,7 |
| | | | | Сварка | 300 | 80,8 | 78,8 |
| | | | | Резка и зачистка | 90 | 90,1 | 82,8 |
| Уровень звука на рабочий день, дБА | | | | | 84,3 ± 1,95 | | |

Таблица 2

Исходные данные по рабочему месту оператора конвейерной линии

| № п/п | Профессия | Описание деятельности | Стратегия измерения | Измерение | Интервал измерения, Т, мин | УЗ, дБА |
|------------------------------------|----------------------------|--|----------------------------|-----------|--|---------|
| 2. | Оператор конвейерной линии | Пуск линии, контроль ее работы и устранение неполадок. Разные операции: загрузка сырья, наблюдение за производством, удаление готовой продукции, регулировка режима работы линии | По трудовой функции | 1 | День 1, утр. смена, 1-ый работник, 10:00 - 12:00 | 88,1 |
| | | | | 2 | День 1, утр. смена, 2-ый работник, 10:30 - 12:30 | 86,1 |
| | | | | 3 | День 2, утр. смена, 1-ый работник, 8:00 - 10:00 | 89,7 |
| | | | | 4 | День 2, утр. смена, 2-ый работник, 8:30 - 10:30 | 86,5 |
| | | | | 5 | День 2, веч. смена, 1-ый работник, 14:00 - 16:00 | 91,1 |
| | | | | 6 | День 2, веч. смена, 2-ый работник, 18:00 - 20:00 | 86,7 |
| Уровень звука на рабочий день, дБА | | | | | 88,1 ± 2,3 | |

Таблица 3

Исходные данные по рабочему месту водителя вилочного автопогрузчика

| № п/п | Профессия | Описание деятельности | Стратегия измерения | Водитель /день | Длительность измерения, Т, мин | УЗ, дБА |
|------------------------------------|-----------------------------------|--|-------------------------------|----------------|--------------------------------|---------|
| 2. | Водитель вилочного автопогрузчика | Транспортировка материалов – полуфабрикатов и готовой продукции на участках производства, хранения | На основе рабочего дня | 1/1 | 8 ч 15 мин | 88,0 |
| | | | | 2/1 | 8 ч 10 мин | 91,8 |
| | | | | 3/1 | 8 ч 15 мин | 87,6 |
| | | | | 1/2 | 8 ч 00 мин | 90,4 |
| | | | | 2/2 | 8 ч 05 мин | 89,0 |
| | | | | 3/2 | 8 ч 10 мин | 88,4 |
| Уровень звука на рабочий день, дБА | | | | | 90,1 ± 2,06 | |

Создание новой карточки в режиме черновика осуществляется в режиме, представленной на рис. 3.

Новый протокол

СТРУКТУРНОЕ ПОДРАЗДЕЛЕНИЕ

НАИМЕНОВАНИЕ ЦЕХА
Кузнечно-прессовый

УЧАСТОК: Зона производства работ | НОМЕР УЧАСТКА: 1 | ФИО МАСТЕРА УЧАСТКА: Кузнецов А. П.

СВЕДЕНИЯ О РАБОЧЕМ МЕСТЕ И ИЗМЕРЕНИЯХ

ПРОФЕССИЯ: кузнец

КРАТКОЕ ОПИСАНИЕ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ: обработка нагретой заготовки

ОПИСАНИЕ ИСТОЧНИКОВ ШУМА: Пневматический молот С41

ФИО РАБОТНИКА, ПРЕДОСТАВИВШЕГО СВЕДЕНИЯ: Кузнецов А. П.

ДАТА ЗАПИСИ: 16 сент. 2022 г. | ДАТА ИЗМЕРЕНИЙ: 19 июл. 2022 г. | ДАТА ПОВЕРКИ: 26 янв. 2022 г. | ДАТА СЛЕД. ПОВЕРКИ: 26 янв. 2023 г.

СТРАТЕГИЯ ИЗМЕРЕНИЙ: По рабочей операции (выбрано)
По трудовой функции
На основе рабочего дня

СР- ВО ИЗМЕРЕНИЯ: | КЛАСС СРЕДСТВА: |

Кнопки: Отменить, Сохранить черновик, Создать карточку

Сайдбар (сверху вниз):
+ Новый протокол | Тест на стратегию
● Подписано >
● В обработке >
● Черновик >

Рис. 3. Создание новой карточки в режиме черновика

Вновь созданная карточка/протокол может просмотрена на соответствующей вкладке. Общий вид карточки со сведениями, характерными для рабочего места сварщика, и измерениями, выполненными по стратегии «рабочая операция», представлен на рис. 4.

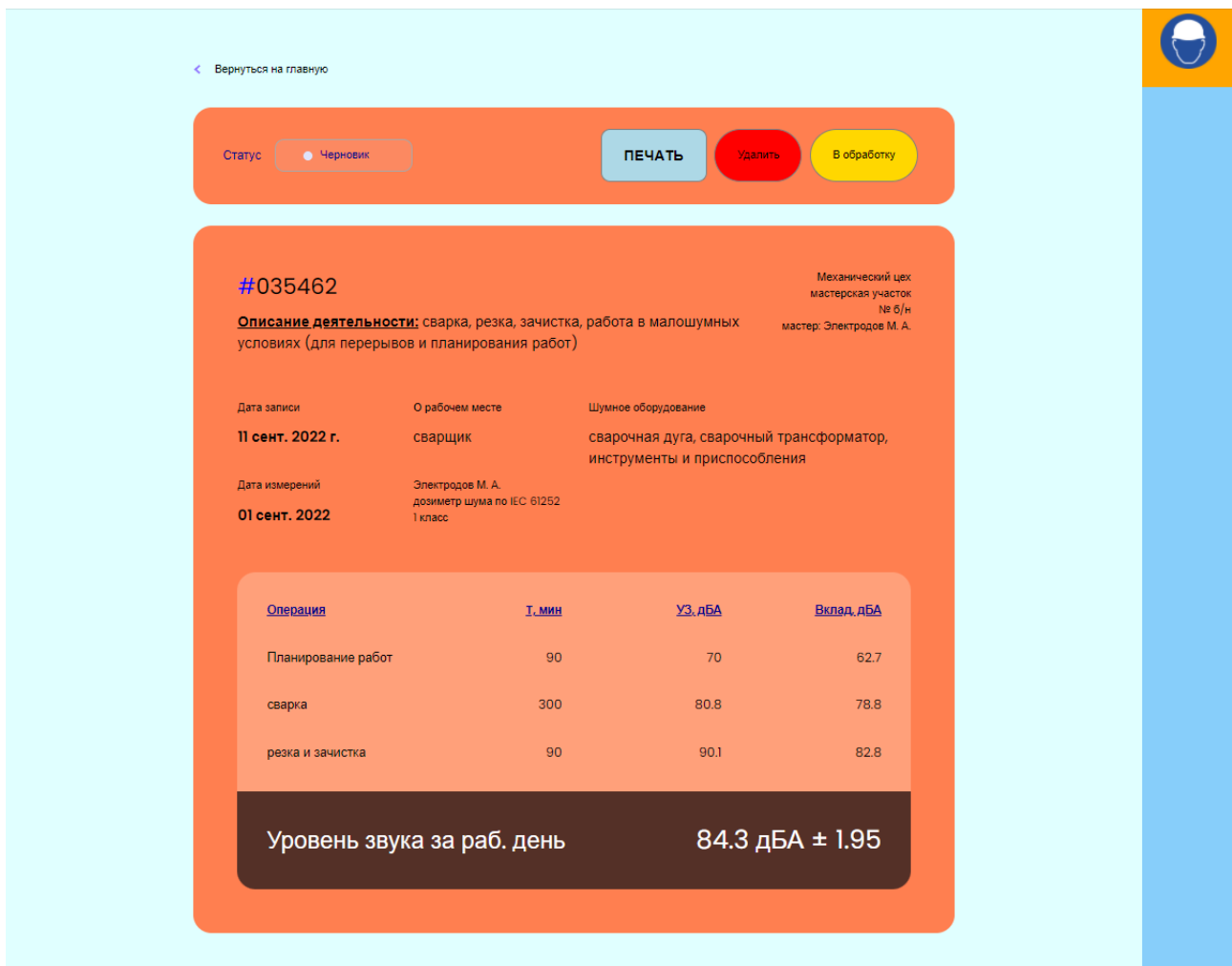


Рис. 4. Окно общего просмотра данных по протоколу с возможностью перехода в режим редактирования

Редактирование карточки до тех пор, пока она не «подписана», ведется в соответствующем режиме, в котором могут быть отредактированы все ранее введенные данные. Соответствующий статус «Подписан» может быть отменен. Режим редактирования карточки на основе «рабочего дня» представлен на рис. 5.

автопогрузчик 26 Колесов И. Ф.

СВЕДЕНИЯ О РАБОЧЕМ МЕСТЕ И ИЗМЕРЕНИЯХ

ПРОФЕССИЯ
водитель

КРАТКОЕ ОПИСАНИЕ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ
Транспортировка материалов-полуфабрикатов и готовой продукции на участках производства

ОПИСАНИЕ ИСТОЧНИКОВ ШУМА
Шум автопогрузчиков, включая звуковое оповещение

ФИО РАБОТНИКА, ПРЕДОСТАВИВШЕГО СВЕДЕНИЯ
Колесов И. Ф.

ДАТА ЗАПИСИ 11 сент. 2022 г. ДАТА ИЗМЕРЕНИЙ 13 июл. 2022 ДАТА ПОВЕРКИ 01 июн. 2022 ДАТА СЛЕД. ПОВЕРКИ 01 июн. 2023

СТРАТЕГИЯ ИЗМЕРЕНИЙ На основе рабочего дня СР-ВО ИЗМЕРЕНИЯ дозиметр шума по ИЕС 6125/1 КЛАСС СРЕДСТВА 1 класс

КОП-ВО "ВОДИТЕЛЬ" 3 Эфф. РАБ. ДЕНЬ, Ч 9,25 Экв. УРОВЕНЬ ЗВУКА, дБА 90,1

Список измерений

| р/п/м/день | Т измер-я, ч | Экв. УЗ, дБА |
|------------|--------------|--------------|
| 1/1 | 8 ч 15 мин | 88 |
| 2/1 | 8 ч 10 мин | 91,8 |
| 3/1 | 8 ч 15 мин | 87,6 |
| 1/2 | 8 ч 00 мин | 90,4 |
| 2/2 | 8 ч 05 мин | 89 |
| 3/2 | 8 ч 10 мин | 88,4 |

НЕОПРЕДЕЛЕННОСТЬ ИЗМЕРЕНИЯ, дБА 2,06

Таблица в правой части:

| Т, мин | УЗ, дБА |
|------------|---------|
| 8 ч 15 мин | 88 |
| 8 ч 10 мин | 91,8 |
| 8 ч 15 мин | 87,6 |
| 8 ч 00 мин | 90,4 |
| 8 ч 05 мин | 89 |
| 8 ч 10 мин | 88,4 |

Итого за день: 90,1 дБА ± 2,06

Рис. 5. Режим редактирования протокола на основе «рабочего дня»

Алгоритм формирования рекомендации по стратегии измерения заключается в сравнении оценок максимального количества вопросов, на которых был получен утвердительный ответ. Например, если блок вопросов по «рабочей операции» получил 5 баллов, а по другим стратегиям ниже, то рекомендуемая стратегия – «по рабочей операции». Если по итогам тестирования достигается равенство баллов, то пользователю предлагается повторить тестирование после уточнения особенностей профессиональной деятельности и шумового воздействия. Внешний вид операции с использованием помощника в выборе стратегии измерения представлен на рис. 6.

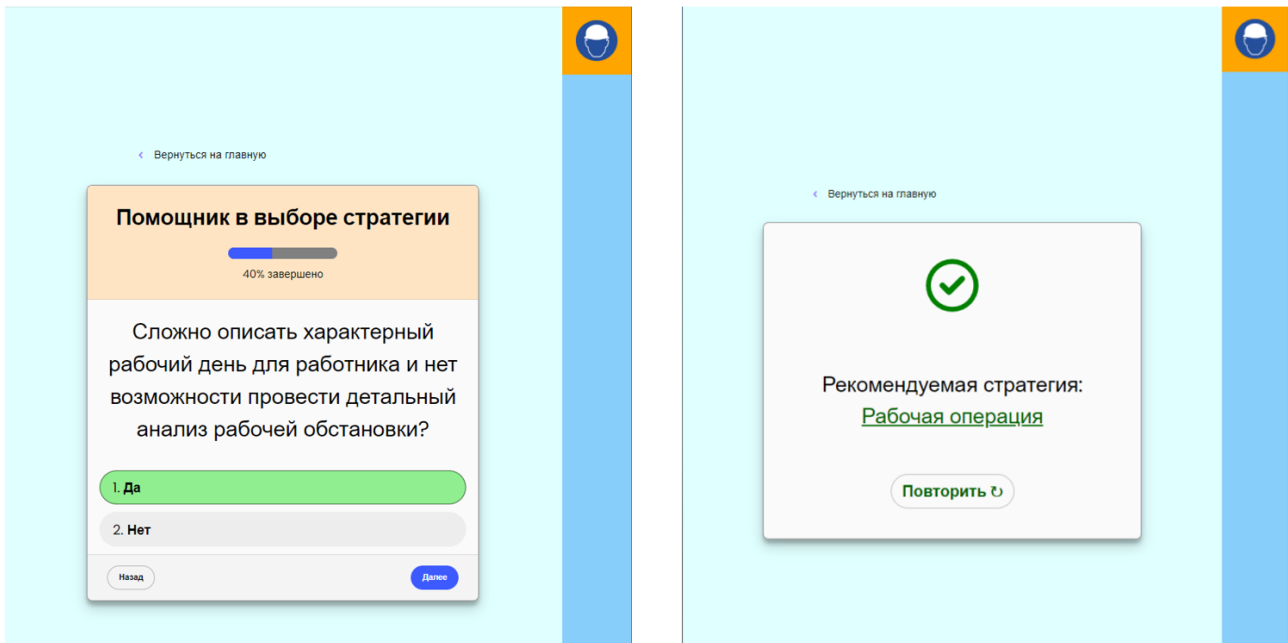


Рис. 6. Использование помощника в выборе стратегии измерения

Заключение

Оценка воздействия шума на работника, выполняющего рабочие операции, должна производиться с учетом всех параметров производственной обстановки. В рамках исследования показано, что выбор стратегии измерения шума представляет собой комплексный характер, требующий определенных знаний и опыта. Подготовленные в концепции оценочного тестирования вопросы направлены на облегчение специалистом принятия решения по выбору стратегии акустических измерений. Блок вопросов реализован во впервые разработанной программе в виде веб-приложения, позволяющей накапливать результаты измерения шума для оценки его воздействия на человека, выполненных в соответствии с ГОСТ Р ИСО 9612-2016. Составлена принципиальная схема работы приложения с использованием модульного подхода. Использование программы может быть полезно как на уровне обучения стратегиям измерения шума – по трудовой функции, рабочего дня или рабочей операции, так и, в перспективе, создаст благоприятные условия для анализа накопленных данных. Добавление модуля анализа данных во взаимосвязи с блоком тестирования обеспечит возможность максимально точного определения стратегии измерений.

Список литературы

1. Sinay, J. and Balážiková, M. (2014), Acoustic Risk Management. *Hum. Factors Man.*, 24: 298-307. <https://doi.org/10.1002/hfm.20376>
2. Noorpoor, A. and Ahmadi Orkomi, A. (2014) Acoustic Analysis of Machineries in the Cement Industry. *Open Journal of Safety Science and Technology*, 4, 98-105. doi: 10.4236/ojsst.2014.42011.
3. Aletta, F., Vander Mynsbrugge, T., Van de Velde, D., De Vriendt, P., Thomas, P., Filipan, K., ... Devos, P. (2018). Awareness of 'sound' in nursing homes: A large-scale soundscape survey in Flanders (Belgium). *Building Acoustics*, 25(1), 43–59. <https://doi.org/10.1177/1351010X17748113>
4. Mendonça, K. T., & Leite, J. C. (2019). Evaluation of Acoustics in the built Environment, Mapping and Estimation of noise in the Stamping Sector of a Metallurgical Industry. *International Journal of Advanced Engineering Research and Science*, 6(2), 273–284. <https://doi.org/10.22161/ijaers.6.2.34>
5. Kenneth P. Roy , "Acoustic performance measurement protocol for evaluating "green" buildings.", *The Journal of the Acoustical Society of America* 126, 2179-2179 (2009) <https://doi.org/10.1121/1.3248513>
6. Chang, S.-J., & Chen, W.-L. (2009). Noise Exposure on Welding Workers. *Epidemiology*, 20, S106. <https://doi.org/10.1097/01.ede.0000362371.12271.1b>
7. Wanjari, M. B., & Wankhede, P. (2020). Occupational Hazards Associated with Welding Work That Influence Health Status of Welders. *International Journal of Current Research and Review*, 12(23), 51–55. <https://doi.org/10.31782/IJCRR.2020.122303>
8. Meddeb, W., & Tadjine, K. (2016). Assessment of Exposure to Noise of Workers to a Reinforcing Bar Rod Mill ArcelorMittal Algeria. *Archives of Acoustics*, 41(2), 339–344. <https://doi.org/10.1515/aoa-2016-0035>
9. Калькулятор для ГОСТ Р ИСО 9612-2013 [Электронный ресурс]. – Электронные текстовые дан. – Режим доступа: Сайт «ООО "СофтЛаб"», свободный : http://tnslab.ru/Raschet_shuma.html. – Загл. с экрана. – Описание основано на версии, датир.: сентябрь 12, 2022.
10. Thiery, L., & Ognedal, T. (2008). Note about the Statistical Background of the Methods Used in ISO/DIS 9612 to Estimate the Uncertainty of Occupational Noise Exposure Measurements. *Acta Acustica United with Acustica*, 94(2), 331–334. <https://doi.org/10.3813/AAA.918037>
11. A. Jati et al. (2021). Temporal Dynamics of Workplace Acoustic Scenes: Egocentric Analysis and Prediction. In *IEEE/ACM Transactions on Audio, Speech, and Language Processing*, vol. 29, pp. 756-769, 2021, doi: 10.1109/TASLP.2021.3050265.
12. NoiseSafe Software [Электронный ресурс]. – Электронные текстовые дан. – Режим доступа: Сайт компании Casella UK, свободный : <https://www.casellasolutions.com/uk/en/products/dbadge2-is-pro.html>. – Загл. с экрана. – Описание основано на версии, датир.: август 12, 2022.
13. Marek Podgórski (2016). Methods of validation of occupational noise exposure measurement with multi aspect personal sound exposure meter. *Proceedings of ACOUSTICS 2016 (9-11 November 2016, Brisbane, Australia)* https://svantek-com-vm-1.azureedge.net/wp-content/uploads/2020/03/sv104_conference_paper.pdf
14. Онлайн калькулятор-9612 [Электронный ресурс]. – Электронные текстовые дан. – Режим доступа: Сайт «Приборостроительная компания НТМ-Защита», свободный : <https://ntm.ru/calculator/167>. – Загл. с экрана. – Описание основано на версии, датир.: сентябрь 08, 2022.

References

1. Sinay, J. and Balážiková, M. (2014), Acoustic Risk Management. *Hum. Factors Man.*, 24: 298-307. <https://doi.org/10.1002/hfm.20376>
2. Noorpoor, A. and Ahmadi Orkomi, A. (2014) Acoustic Analysis of Machineries in the Cement Industry. *Open Journal of Safety Science and Technology*, 4, 98-105. doi: 10.4236/ojsst.2014.42011.
3. Aletta, F., Vander Mynsbrugge, T., Van de Velde, D., De Vriendt, P., Thomas, P., Filipan, K., ... Devos, P. (2018). Awareness of 'sound' in nursing homes: A large-scale soundscape survey in Flanders (Belgium). *Building Acoustics*, 25(1), 43–59. <https://doi.org/10.1177/1351010X17748113>
4. Mendonça, K. T., & Leite, J. C. (2019). Evaluation of Acoustics in the built Environment, Mapping and Estimation of noise in the Stamping Sector of a Metallurgical Industry. *International Journal of Advanced Engineering Research and Science*, 6(2), 273–284. <https://doi.org/10.22161/ijaers.6.2.34>
5. Kenneth P. Roy , "Acoustic performance measurement protocol for evaluating "green" buildings.", *The Journal of the Acoustical Society of America* 126, 2179-2179 (2009) <https://doi.org/10.1121/1.3248513>
6. Chang, S.-J., & Chen, W.-L. (2009). Noise Exposure on Welding Workers. *Epidemiology*, 20, S106. <https://doi.org/10.1097/01.ede.0000362371.12271.1b>
7. Wanjari, M. B., & Wankhede, P. (2020). Occupational Hazards Associated with Welding Work That Influence Health Status of Welders. *International Journal of Current Research and Review*, 12(23), 51–55. <https://doi.org/10.31782/IJCRR.2020.122303>
8. Meddeb, W., & Tadjine, K. (2016). Assessment of Exposure to Noise of Workers to a Reinforcing Bar Rod Mill ArcelorMittal Algeria. *Archives of Acoustics*, 41(2), 339–344. <https://doi.org/10.1515/aoa-2016-0035>
9. Kalkulator dlya GOST ISO 9612-2013 (in Russ.). – Available at http://tnslab.ru/Raschet_shuma.html (September, 12, 2022).
10. Thiery, L., & Ognedal, T. (2008). Note about the Statistical Background of the Methods Used in ISO/DIS 9612 to Estimate the Uncertainty of Occupational Noise Exposure Measurements. *Acta Acustica United with Acustica*, 94(2), 331–334. <https://doi.org/10.3813/AAA.918037>
11. A. Jati et al. (2021). Temporal Dynamics of Workplace Acoustic Scenes: Egocentric Analysis and Prediction. In *IEEE/ACM Transactions on Audio, Speech, and Language Processing*, vol. 29, pp. 756-769, 2021, doi: 10.1109/TASLP.2021.3050265.
12. NoiseSafe Software. – Available at <https://www.casellasolutions.com/uk/en/products/dbadge2-is-pro.html> (August 12, 2022).
13. Marek Podgórski (2016). Methods of validation of occupational noise exposure measurement with multi aspect personal sound exposure meter. *Proceedings of ACOUSTICS 2016 (9-11 November 2016, Brisbane, Australia)* https://svantek-com-vm-1.azureedge.net/wp-content/uploads/2020/03/sv104_conference_paper.pdf
14. Online calculator-9612 (in Russ.). – Available at <https://ntm.ru/calculator/167> (September 08, 2022).