

Источник: <https://www.cdc.gov/NIOSH/Mining/works/coversheet1119.html>

Spectrum

(National Hearing Conservation Association, <https://nhc.memberclicks.net/spectrum>)



Том 27, выпуск 2, с. 17-25

Сентябрь 2010

MultiFit4 (NIOSH): новая система для измерения ослабления шума у средств индивидуальной защиты органа слуха (вкладышей)

Август Квитовски, Анжела Карили и Роберт Рандольф

MultiFit4: An Improved System for Insert-Type

August J. Kwitowski, Angela M. Carilli, & Robert F. Randolph

Реферат

Для защиты работников от промышленного шума часто используют один из видов средств индивидуальной защиты органа слуха (СИЗОС): вкладыши (беруши). Но, при их применении на предприятиях, (значительная часть рабочих) подвергается чрезмерному воздействию шума из-за того, что вкладыши на практике могут ослаблять его (очень) плохо. Для решения этой проблемы Национальный институт охраны труда (NIOSH) (рекомендует) обучать работников (правильному и своевременному применению СИЗОС) и индивидуально проверять, насколько хорошо СИЗОС уменьшают воздействие шума на каждого работника. (Выполнение) этих (рекомендаций) было проверено у шахтёров и других рабочих, подвергающихся воздействию сильного шума. А чтобы оценить эффект от выполнения рекомендаций, была разработана (новая мобильная) улучшенная установка для (индивидуального) измерения ослабления шума при использовании СИЗОС (конкретным работником) — Multifit4. Она позволяет одновременно измерять фактическое ослабление шума у 4 работников, используя для измерений метод определения порогов восприятия звуков ухом (REAT, *real attenuation at threshold*). Проверка проводится в закрытом звукоизолированном помещении, где одновременно сидят 4 работника. Для определения порогов восприятия звуков (разных частот) работники слушают их с помощью наушников (обычно этот метод, REAT, применяется при использовании громкоговорителя, создающего диффузное звуковое поле). Для регистрации порогов при изменении громкости звуков рабочие используют ручной переключатель — как при обычной проверке слуха методом Бекеша. Замеры проводят при использовании СИЗОС, и без них, и по отличию порогов определяют ослабление шума. Система Multifit4 состоит из программы, которую (мы) разработали, и *Tucker Davis Technologies (TDT) Series 3 modules* (в Виндоус). Модули используются (нашей) программой для управления подачей звуковых сигналов (в наушники). При загрузке программы оператор может задавать тип и последовательность проверок. Программа достаточно (удобная), гибкая для того, чтобы (проводить проверки у 4 рабочих сразу), и проводить повторные рандомизированные замеры. Настройки, сделанные при запуске программы, могут сохраняться в виде файла для ускоренного запуска; и для создания измерительных приложений. Испытания Multifit4 показали, что это надёжная, точная и простая в применении система.

Введение

Для защиты от шума часто используют такие СИЗОС, как вкладыши; и они могут значительно уменьшить риск ухудшения слуха — если используются правильно. Но, как показали замеры у работников на предприятиях, на практике они очень плохо ослабляют шум. Защитные свойства вкладышей на рабочих местах значительно ниже, чем показываемые при (сертификационных) испытаниях в лабораторных условиях; и они значительно меньше, чем наносимый на упаковку показатель ослабления шума (*NRR в США, и SNR в ЕС и РФ — прим.*) [1] (Berger, Franks, & Lindgren, 1996). Чтобы улучшить защиту рабочих от шума, обычно проводят их обучение и тренировки [2] (Park & Casali, 1991). Значительно реже для повышения эффективности пробуют модифицировать сами СИЗОС, например — смазывая вкладыши [3] (Randolph & Kissell, 2008). В любом случае, для оценки эффективности таких мероприятий проводят замеры ослабления шума СИЗОС, методом измерения порогов восприятия звуков (REAT) или определяя звуковое давление снаружи СИЗОС и между ним и органом слуха с помощью микрофонов (MIRE, *microphone in the real ear*) [4]. К сожалению, существующие сейчас измерительные системы позволяют определять пороги восприятия звуков лишь у одного человека за один замер; а некоторые, использующие метод REAT в соответствии со стандартом *ANSI S12.6*, требуют для замеров (специально оборудованную) лабораторию. (Поэтому) для улучшения производственного контроля эффективности СИЗОС, вкладышей, Национальный институт охраны труда разработал Multifit4. Она позволяет измерять пороги восприятия звуков максимум у 4 работников одновременно, проводит замеры автоматизированно, точная и удобная при использовании. Эта система была разработана для замены предыдущей разработки NIOSH на основе 4 разработок Института, и предлагаемую сейчас потребителю коммерческой компанией *Michael & Associates, Inc.* [6-1] (Michael, 1998); и для замены программы, используемой для проверки 4 рабочих одновременно [5-1] (Michael & Byrne, 2002). Последняя упомянутая разработка, сделанная для одновременной проверки ослабления шума у 4 работников на основе системы производственного контроля FitCheck, оказалась работоспособна. Но у неё есть ряд недостатков в отношении типа проверок, и того, как (тестовые) звуки воздействуют на рабочих. Поэтому Национальный институт охраны труда разработал улучшенную систему Multifit4, более гибкую в части управления подачей (тестовых) звуков и проведения замеров.

Фиг. 1. Рабочее место (оператора) системы измерения ослабления шума у СИЗОС (вкладышей) Multifit4. В чёрном стеллаже для оборудования размещены 4 независимых источника звуковых сигналов регулируемой громкости, управляющий их работой компьютер, и большой источник бесперебойного питания. Всё это установлено на специальной амортизирующей подвеске. Последнее необходимо потому, что Multifit4 размещён в мобильной 10-метровой буксируемой лаборатории Института (*NIOSH Hearing Loss Prevention Unit, mobile audiometric laboratory*). Она перемещается от предприятия к предприятию, проводит замеры у шахтёров и других работников. На Фиг. 1 справа показан вход в звукоизолированное помещение (см. стр. 17). В нём могут находиться одновременно 4 работника (сидя), и каждый может пользоваться и наушниками, и переключателем (для регистрации порогов восприятия звуков).





Фиг. 2. Наушники с динамиками для прослушивания тестовых звуков.

Для создания и управления подачей тестовых звуковых сигналов используют оборудование: [Tucker Davis Technology \(TDT\) RP2.1 Enhanced Real-Time Processor](#) (создаёт звуковой сигнал); два [TDT PA5 Programmable Attenuation units](#) (регулирует громкость стереозвуковых сигналов); [TDT HB7 Headphone Driver](#) (подаёт звуки на наушники с динамиком); и 4 комплекта специальных наушников [Sennheiser HD 280 Pro Headphones](#), ослабляющих окружающий шум на 32 дБ, Фиг. 2. Для управления системой используется обычный персональный компьютер и операционная система Windows XP. Для связи с (вышеупомянутым) оборудованием используется оптоволоконная связь ([TDT FD5 fiber optic zBus Gigabit Ethernet interface](#)). Для создания тестовых звуковых сигналов воспроизводятся аудиофайлы, записанные в формате .wav ([Microsoft Audio for Windows format](#)). Аудиофайлы содержат записанные пульсирующие звуковые сигналы разных частот (1/3 октавы). Хотя оборудование ([RP2.1](#)) само по себе предназначено для создания запрограммированных звуковых сигналов, в составе MultiFit4 оно используется для воспроизведения аудиофайлов с записями звуковых сигналов. Это сделали для того, чтобы новая система точно соответствовала ранним (версиям) системы [FitCheck system \[5-2\]](#) ([Michael & Byrne, 2002](#)), для точного контроля звуковых сигналов; и потому, что это упростило разработку системы (MultiFit4).

Программное обеспечение системы Multifit4 написано на языке программирования Microsoft [Visual Basic.NET®](#) с помощью среды [Microsoft Visual Studio 2008®](#). Для связи и управления устройствами системы программа использует «каркасные элементы» [ActiveX® objects](#). Система Multifit4 предназначена для использования оператором при проведении экспериментов с привлечением к замерам участников. После запуска программы проводится неполная самодиагностика, Определяется состава аппаратных средств ([TDT hardware](#)) и его состояние. При отсутствии оборудования, включено ли оно, или его конфигурация не соответствует требуемой, оператору сообщают о неполадках, и необходимости их устранить. При успешном запуске программы перед оператором появляется окно запуска и настройки программы (см. Фиг. 3, после Фиг. 5 ниже). В этом окне оператор указывает начальные параметры работы: сколько людей будут проходить проверку одновременно; устанавливает начальный уровень громкости звука для каждого участника; и выбирает параметры проведения проверок. При желании оператор может использовать те значения, которые установлены по умолчанию — для быстрой загрузки. Система позволяет записывать выбранные оператором начальные установки в файл загрузки (конфигурации). Это позволяет при последующих запусках использовать его, не тратя время на выбор начальных параметров работы.

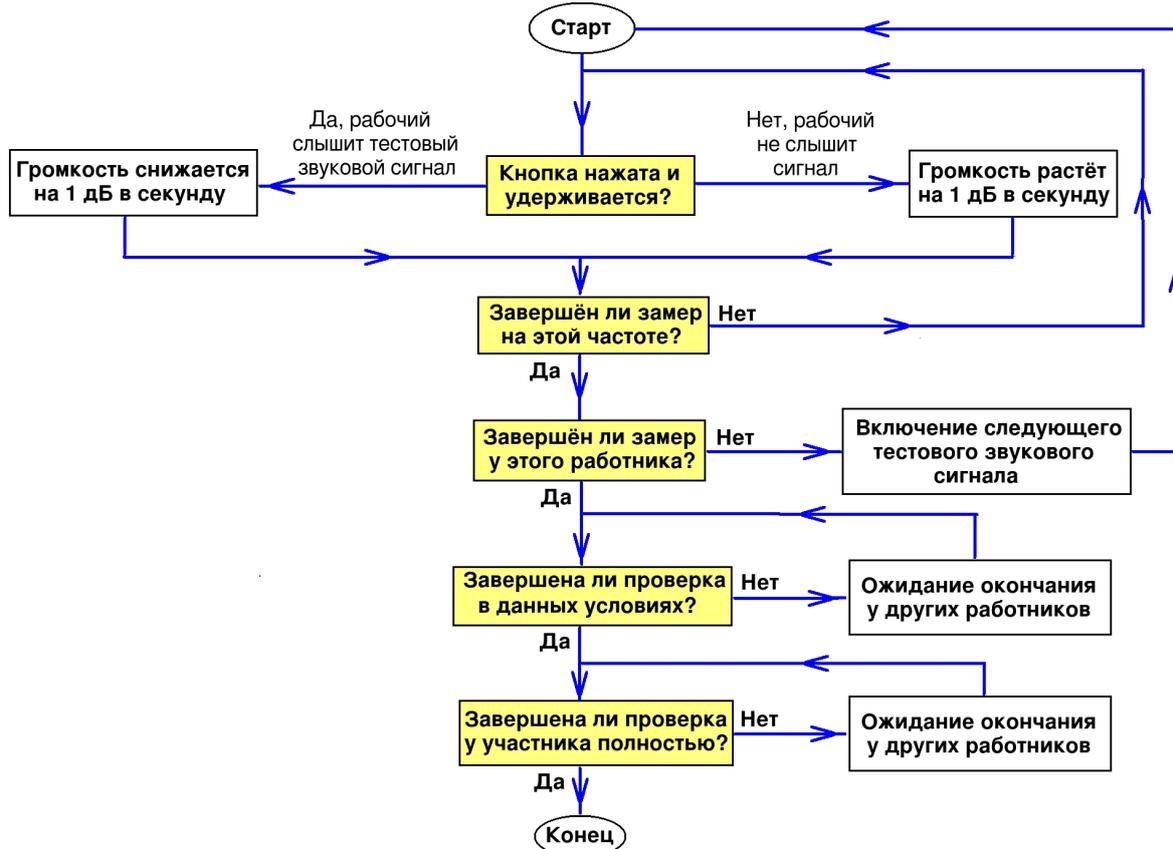
При непосредственных проверках порогов восприятия звуков используется окно «Проведение измерений» ([Testing](#)), показанное на Фиг. 4. Во время проверки оператор и участники проходят последовательные этапы, выбранные при начальной установке параметров системы. В окне отображаются важные параметры, относящиеся к проверке каждого из работников. В нижней части окна показывается полоса, на которой отображается ход проверки, и показан текущий этап проверки. Также на этой полосе отображается состояние программы, например «Ожидание указаний оператора» ([Awaiting Operator Action](#)) или «Воспроизводятся тестовые сигналы» ([Playing Sound](#)). В левой части полосы есть индикация, показывающая, ведётся ли запись не обработанной информации в файлы (в реальном масштабе времени). Оператор может дать команду «Воспроизвести эталонный тестовый сигнал» ([Play Sample Sound](#)) — для воспроизведения и подачи в наушники сигнала 1 кГц при выбранной начальной громкости (выбор проводился в окне установки и настройки программы ([Setup](#))).

При измерении ослабления шума СИЗОС путём определения порогов восприятия звуков у испытуемых с и без СИЗОС (метод REAT) используется диффузное звуковое поле (создаваемое

громкоговорителями в шумоизолированном помещении). А в системе MultiFit4 для воздействия тестовых сигналов на участника используются наушники. При проверке таких СИЗОС, как вкладыши, использование наушников даёт ряд преимуществ. Например, в одном шумоизолированном помещении можно одновременно измерять пороги у нескольких человек, и можно независимо измерять пороги восприятия звуков правым и левым ухом. Проведённые в прошлом исследования показали, что использование наушников в системе FitCheck и других, при замерах ослабления шума у СИЗОС, применяемых рабочими на предприятиях, позволяет получить надёжный (точный) результат удобным путём [6-2] (Michael, 1998) [5-3] (Michael & Byrne 2002). Проверив несколько моделей наушников, (мы) выбрали модель (Sennheiser HD 280 Pro Headphones), так как у неё была достаточно хорошая линейность выходного сигнала, обеспечивалась хорошая воспроизводимость. Эти наушники были достаточно крупными и касались головы вокруг ушной раковины так, что не могли задеть вкладыши, и они были легко доступными.

Описание программного обеспечения

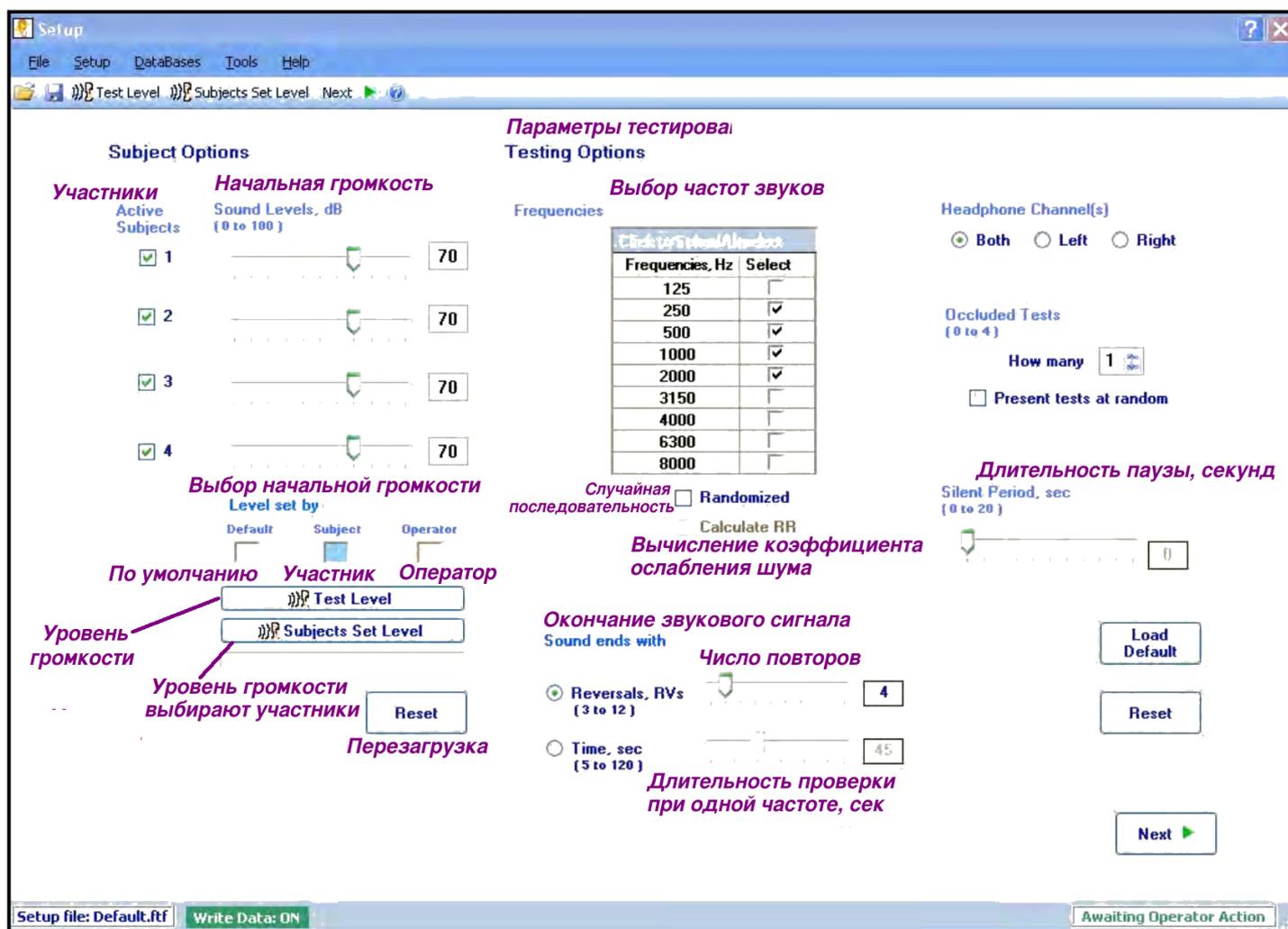
На Фиг. 5 показана упрощённая диаграмма (работы) одного из каналов программы. Главная задача программы — определить, в каком положении находится переключатель, управляемый рукой участника измерений. Когда тот слышит звук, он должен нажать на переключатель и удерживать его в замкнутом положении. Как только программа обнаруживала замыкание контактов переключателя, она с помощью регулятора громкости *TDT PA5* начинала уменьшать громкость тестового сигнала со скоростью 1 дБ/сек. Участника инструктировали отключать (размыкать контакты) переключатель тогда, когда он перестанет слышать звук. В этом случае программа начинала увеличивать громкость звука со скоростью 1 дБ/сек с помощью соответствующего блока регулирования громкости. Программа запоминала каждый случай переключения, и изменяла работу регулятора громкости каждые 300 миллисекунд. Остальная часть диаграммы описана в разделе «Проведение измерений» (*Testing Screen*).



Фиг. 5. Схема проведения замеров порогов у участников.

Запуск программы

На Фиг. 3 (стр. 18) показано окно «Запуск программы» (*Setup*) (появляется при её включении и настройке). В поле окна «Участники измерений» (*Active Subjects*) он выбирает от одного до 4 участников измерений. Этот выбор делается в левой части окна: «Участники» (*Subject Options*).



Фиг. 3. Окно запуска и начальных настроек программы.

Программа Multifit4 проводит определение порогов восприятия звуков, начиная это с такой громкости звука, который слышит участник, то есть - выше его порога восприятия. Это объясняется тем, что может случиться так, что перед проверкой участники измерений будут инструктироваться примерно 1 минуту устно (запись инструкции воспроизводится через те же наушники). Желательно, чтобы они могли слышать инструкции при достаточно удобном, т. е. достаточно большом уровне громкости. В центре поля «Участники» есть регуляторы, позволяющие оператору вручную устанавливать начальную громкость для каждого из участников индивидуально. По умолчанию, проверка начинается при громкости 70 дБ. При нажатии кнопки «Уровень громкости» (*Test Level*) приводит к воспроизведению звукового сигнала с частотой 1 кГц (1/3 октавы) во (всех) наушниках при выбранной с помощью регуляторов громкости. Звук воспроизводится 15 секунд, или до тех пор, пока оператор не нажмёт эту кнопку снова. Кроме того, участники исследования могут сами выбирать начальный уровень звукового сигнала, если оператор нажмёт кнопку (ниже) «Уровень громкости выбирают участники» (*Subjects Set Level*). При её нажатии через наушники воспроизводится инструкция, объясняющая участникам, как отрегулировать и установить уровень начального тестового звукового сигнала с помощью имеющегося у них переключателя. Ниже регуляторами и выше этих кнопок в центре экрана находится индикация того, как выбирался начальный уровень звукового сигнала — оператором, участниками, или использовался установленный по умолчанию. Например, если участники выбирали уровень сами, то соответствующий индикатор меняет цвет с белого на светло-голубой. При нажатии кнопки «Перезагрузка» (*Reset*) под регуляторами поля окна «Участники измерений» все настройки меняются на установленные предварительно (по умолчанию).

В следующем поле окна (в центре) «Параметры тестирования» (*Testing Options*) оператор может выбрать, при каких частотах звуковых сигналов будут проводиться измерения порогов (от 1 до 9 частот). Доступные частоты соответствуют стандарту [7] *ANSI S12.6 (ANSI/ASA, 2008)*, и находятся в диапазоне от 125 до 8 000 Гц. Для проверки используются звуковые сигналы 1/3 октавы. В соответствии со стандартом *ANSI S3.21* (замер порогов при воздушной проводимости) [8] (*ANSI/ASA, 2009*) программа позволяет начать проверку с сигнала с частотой 1 кГц. Если при выборе частот звуковых сигналов (оператор) указал и частоту 1 кГц, то проверка начнётся с это. Если оператор решил проводить проверку без использования

сигнала с частотой 1 кГц, она начнётся с того сигнала, который ближе других к 1 кГц. Последовательность воспроизведения сигналов - «центрированная». Но, если оператор выберет опцию «Случайная последовательность» (*Randomized*) то звуковые сигналы, начиная со второго по счёту, будут использоваться для проверки в случайном порядке.

При желании оператор может использовать программу для вычисления коэффициента ослабления шума (*Reduction Rating, RR*). Расчёт выполняется по стандартной формуле. Однако команда вычисления коэффициента может быть дана лишь в том случае, когда перед этим оператор выбрал подходящие (для вычисления по стандартной формуле) частоты для измерения порогов.

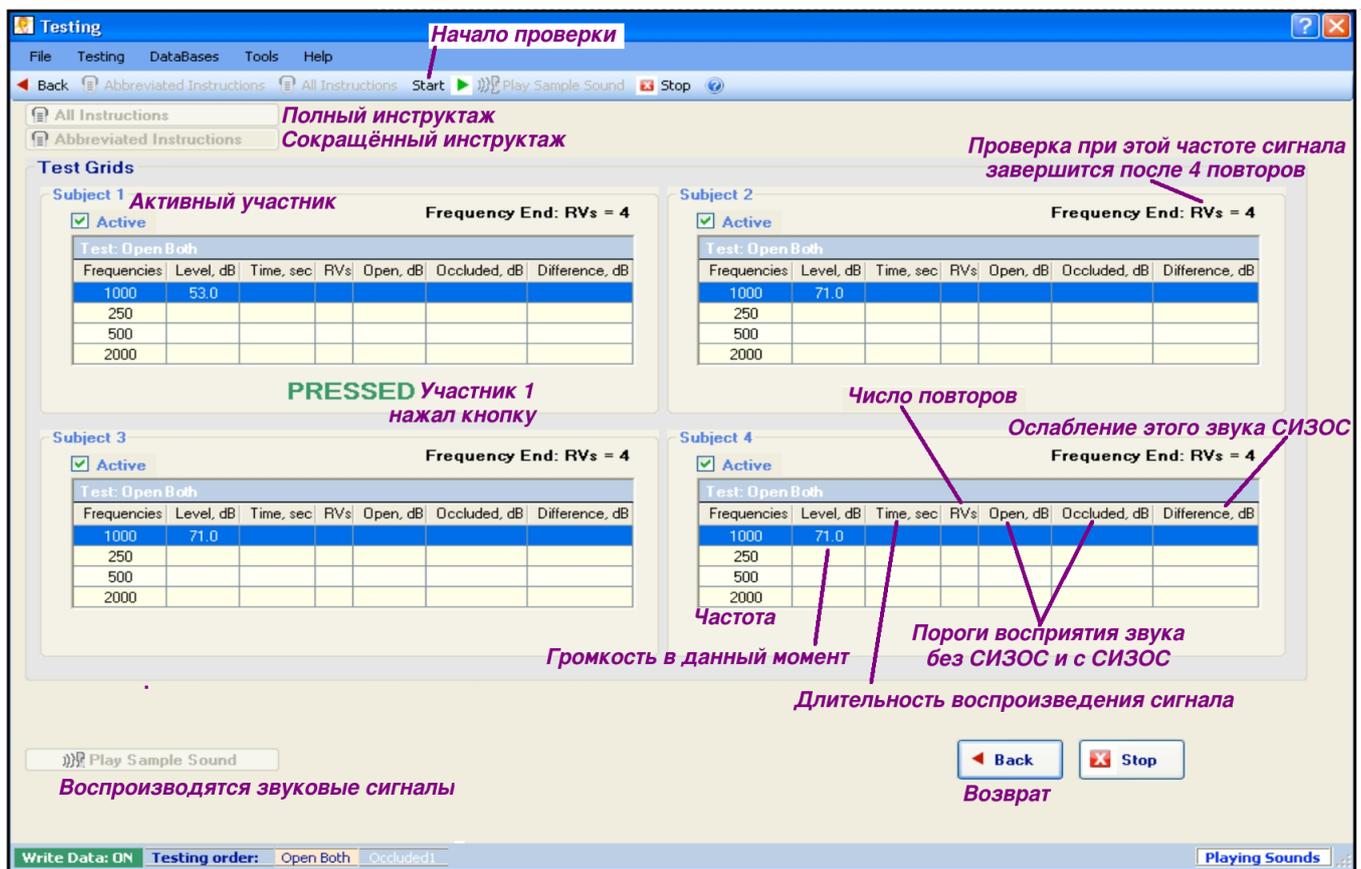
Программа позволяет регулировать ряд параметров, определяющих воздействие звуков на участников. При нажатии на кнопку «Длительность проверки при одной частоте, секунды» (*Time, sec*) в нижней части (центрального) поля, в группе регуляторов «Окончание звукового сигнала» (*Sound ends with*), воспроизведение звукового сигнала прекратится через указанное оператором время, от 5 до 120 секунд. А при выборе «Число повторов» (*Reversals, Rvs*) воспроизведение прекратится тогда, когда участник пройдёт несколько циклов увеличения и снижения громкости (таких, что она пересекает порог восприятия звука). Количество циклов определяется числом нажатий участником ана кнопку (когда слышимость звука меняется). Программа позволяет (оператору) выбрать от 3 до 12 повторов.

Участники могут регулировать громкость звукового сигнала с помощью доступных им кнопок. При нажатой кнопке, когда контакт замкнут, громкость уменьшается со скоростью 1 дБ/сек. Действуя по инструкции, участники отпускают кнопку тогда, когда перестают слышать звук. При не нажатой кнопке, разомкнутом контакте, громкость возрастает со скоростью 1 дБ/сек. Порог восприятия звука близок к той громкости, при которой кнопка нажимается или отпускается.

При желании оператор может отрегулировать настройки так, чтобы после замера порога восприятия звука определённой частоты программа делала паузу (период полной тишины) перед замером при другой частоте. Для этого выходной сигнал, идущий к участнику от устройства (*RP2.1*) отключается, а регулятор громкости (устройство *PA5*) переключается на минимальное значение, 0 дБ. Длительность паузы можно установить от 1 до 20 секунд. Этот период может использоваться для обнаружения тех участников, которые нажимают кнопки неправильно, или произвольно — так как при отсутствии звука правильно выполняющий инструкции участник не будет нажимать кнопку..

Проведение измерений

На Фиг. 4 показано окно «Проведение измерений» (*Testing Screen*). Перед началом измерений система (через наушники) даёт участникам прослушать запись инструкции. Она описывает, что будет происходить, и как им действовать для прохождения проверки. Если (оператор) нажмёт кнопку «Полный инструктаж» (*All Instructions*), то участники будут слушать всю инструкцию целиком, 90 секунд. А при нажатии кнопки «Сокращённый инструктаж» (*Abbreviated Instructions*) каждый участник может прекратить воспроизведение инструкции, нажав кнопку. После того, как все участники проинструктированы, оператор получает возможность нажать кнопку «Начало проверки» (*Start*), и после нажатия начинается проверка. Частота воспроизводимого звука показана в соответствующих строках таблиц (участников), выделена цветом. На Фиг. 4 это 1 кГц. Также там показана текущая громкость звуковых сигналов, длительность воспроизведения звукового сигнала данной частоты, число повторов (*изменений громкости при нажатии кнопки участником, когда он перестал или начал слышать звук — прим.*), и среднее значения порогов восприятия этого звука при отсутствии СИЗОС и при использовании СИЗОС, и вычисленное ослабление звука данной частоты при использовании СИЗОС. Для каждого участника отображается — нажата ли им кнопка. При нажатии кнопки (также) меняется подсветка строки с той частотой, которая используется сейчас при проверке. Программа напоминает оператору, по какому признаку будет прекращена проверка (по числу повторов или по длительности воспроизведения звука — как он указал ранее).



Фиг. 4. Окно «Проведение измерений».

Программа поэтапно проводит проверки всех участников при воспроизведении звуков всех выбранных частот. Последовательность проверок соответствует последовательности, указанной в строках таблиц. При воспроизведении звуков, когда участник нажимает кнопку, используется модифицированный метод измерения порогов восприятия звуков Бекеша. Каждый участник проверяется индивидуально, независимо от других. Программа меняет частоту после окончания проверки всех участников (при предыдущей частоте). Те участники, которые закончили проверку ранее, прослушивают случайные звуковые сигналы — до тех пор, пока не завершится проверка остальных.

После того, как все участники пройдут проверку при воспроизведении звуков всех выбранных частот, программа сообщает об этом оператору, и переходит в режим ожидания (паузы). Этот период может использоваться для того, чтобы исследователь провёл инструктаж участников перед следующим этапом измерений. Например, если сначала порогов измеряли без СИЗОС, то на следующем этапе их могут измерять при вставленных вкладышах. Пауза позволит оператору тщательно проинструктировать участников о том, как вставлять вкладыши. После окончания всех этапов программа сообщает оператору об этом, и снова переходит в режим ожидания (паузы). При этом на экране отображается окно «Проведение измерений» (*Testing Screen*). Это позволяет оператору работать с базой данных и использовать другие возможности, предоставляемые меню; а также вернуться к окну «Запуск программы» (*Setup*) при нажатии кнопки «Возврат» (*Back*).

Программа Multifit4 позволяет оператору приостанавливать проверку участника, прекращать его проверку, и удалять его совсем. Для этого оператор может навести курсор на поле участника, и нажать на правую кнопку мыши. Появится соответствующее меню (*Pause, Stop, Resume*), позволяющее сделать паузу при воспроизведении звука, остановить воспроизведение, возобновить — для конкретного участника, не влияя на других. А при нажатии кнопки «Активный участник» (*Active*) над таблицей участника, слева, оператор может прекратить проверку, и удалить участника — снова не затрагивая проведение проверки у остальных участников. При выполнении этих действий программа неоднократно запросит подтверждение у оператора — во избежание случайных ошибок.

Хранение информации

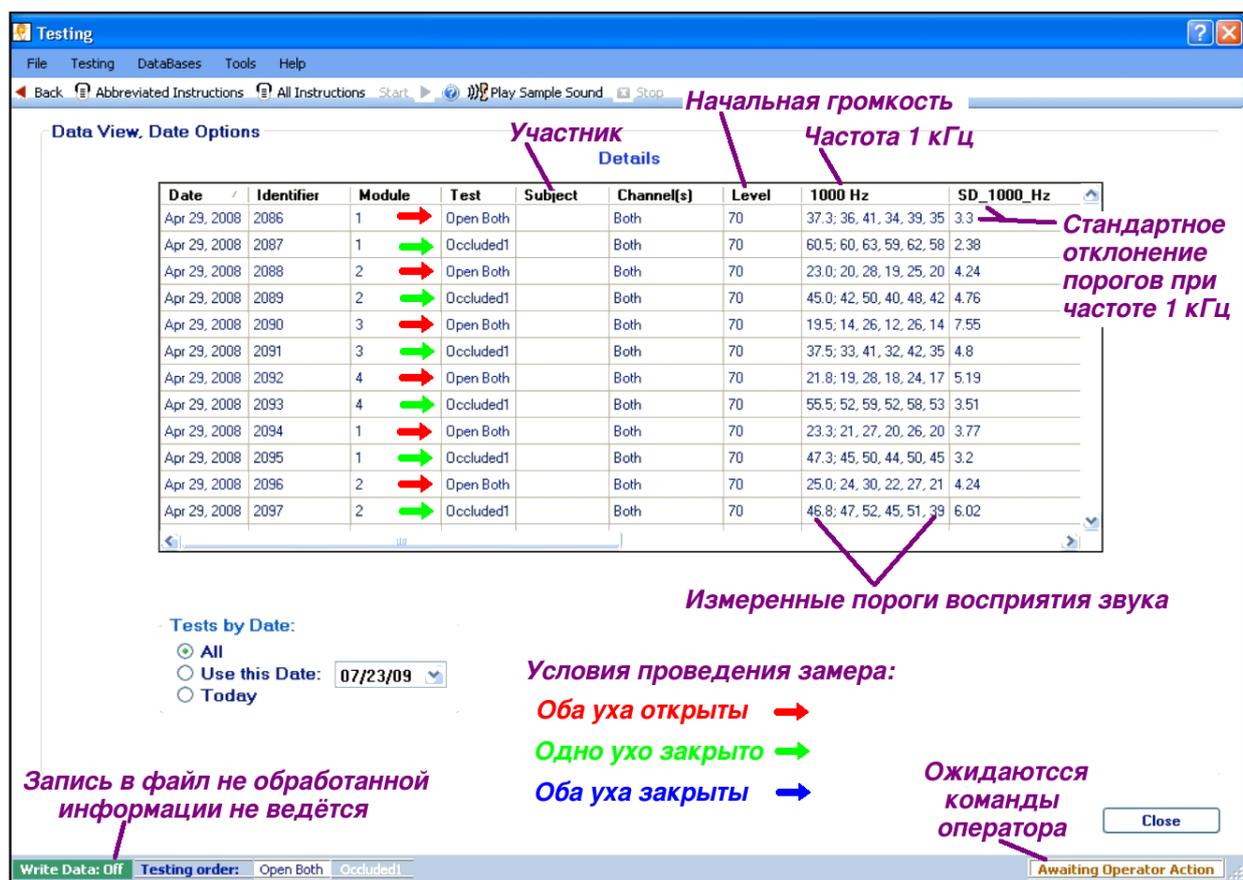
Программа автоматически записывает информацию в три таблицы базы данных: «Сеансы», «Проверка» и «Подробности» (*Sessions*, *Runs*, *Details*). Эти три таблицы создаются в таком виде, как это сделано в программном обеспечении компании (*Microsoft Access® platform*). Оператор может обращаться к каждой из таблиц во время проверки. Большая часть обработанной (*higher-level data*) информации определяется и записывается автоматически. Кроме того, оператор может дать команду начать и прекратить запись необработанной информации (*low-level data*).

Sessions <i>Сеансы</i>	Details <i>Подробности</i>	Runs <i>Проверка</i>
Auto	Date <i>Дата</i>	HearingProtectionOn <i>СИЗОС используются</i>
SessionsID <i>Номер сессий</i>	Identifier	Date <i>Дата</i>
StationID	Module	RunID <i>Номер проверки</i>
DateOfBirth <i>Дата рождения</i>	Test <i>Проверка</i>	SessionID <i>Номер сеанса</i>
ExperimentDate	Subject <i>Участник</i>	Ear <i>Ухо</i>
SubjectID <i>Уникальный номер участника</i>	Cannel(s)	Test <i>Замер</i>
Comments <i>Комментарии</i>	Volume	Module
	1000Hz <i>1 кГц</i>	Thresh0250 <i>Порог при частоте 250 Гц</i>
	250Hz <i>250 Гц</i>	...
	500Hz <i>500 Гц</i>	Thresh8000 <i>Порог при частоте 8 кГц</i>
	2000Hz <i>2 кГц</i>	
	Comments <i>Комментарии</i>	

В таблице 1 представлены три таблицы базы данных. Таблица «Сеанс» (*Sessions*) предназначена, в основном, для оператора. В ней приводится полезная демографическая информация об участниках исследования, например — дата рождения, индивидуальный идентификационный номер, и комментарии. Программа автоматически создаёт и записывает информацию в остальные поля (таблиц). Таблица «Проверка» (*Runs*) создаётся автоматически, и оператор может просматривать, но не может менять её содержание. По мере проведения измерений вычисляется и записывается среднее значение порогов восприятия звуков — для каждой частоты звука, и для каждого участника. Эта информация записывается в поля с порогами в таблице «Проверка» (*Runs*) для каждой из частот тестовых сигналов и участника. Значения порогов записываются как текстовые строки. В них сначала записывается среднее (арифметическое) значение, а затем результаты индивидуальных замеров, разделённые запятыми. В этой таблице на каждой строке приводятся результаты замеров у индивидуального сочетания «участник-замер». Соответственно, число строк может возрастать или убывать — в зависимости от того, сколько людей охвачено проверками.

На Фиг. 6 представлено окно «Подробности» (*Details*) базы данных программы Multifit4. В нём показаны важные результаты измерений. Программа автоматически записывает содержание этой таблицы, а оператор может редактировать лишь сведения в столбцах «Участник» (*Subject*) и «Комментарии» (*Comments*). Часть данных, записываемых программой — не показана.

Если оператор захочет, то (программа) может записывать файлы с необработанной информацией - как текстовый файл, обновляемый ежесекундно (для каждого участника отдельно). На каждой строке файла содержится информация об: ухе (правое, левое, или оба); частоте тестового звукового сигнала; положении кнопки (у участника — нажата или отпущена); текущем ослаблении шума; и о моменте времени с начала замера на данной частоте звукового сигнала. При возникновении проблем с базой данных, например при её повреждении и т. п., (каждый) файл содержит достаточно информации для того, чтобы (полностью) восстановить информацию о проверке.



Фиг. 6. Окно «Подробности» базы данных.

Испытания

Линейность (громкости выходного тестового сигнала) была проверена независимым специалистом с помощью устройства (*Larson Davis IEC 318 coupler*), искусственного уха, предназначенного для определения уровня звуковых сигналов, подаваемых наушниками; и с помощью шумомера (*System 824 sound level meter*), калиброванного в (*National Institute of Standards and Technology, NIST*). При ограничениях стандарта *ANSI S12.6*, максимальное отклонение от линейности до 1 дБ, фактическое было не более 0,3 дБ.

Устойчивость к ударам была проверена 29 апреля 2008 г. в (*Fayette County Branch*) [университета Пенсильвании](#). Цель проверки: определить, как система будет работать при реальном применении. Испытания были спланированы и проводились исследователем, имевшим опыт проведения замеров ослабления шума вкладышами у работников на предприятиях, и который работал как оператор, управляя Multifit4. Проверялась вся система в сборе: трейлер с оборудованием был отбуксирован к кампусу, и установлен там утром того дня, когда проводились замеры.

В проверке участвовало 13 студентов, изучавших горное дело. При проверке участников разделили на 3 группы по 4 студента, плюс один дополнительный участник. Желательно было проводить проверки у 4 участников одновременно, т. к. это максимальная «пропускная способность» системы Multifit4.

Для имитации типичного замера на предприятии первую группу из 4 участников предварительно детально проинструктировали, как правильно вставлять в ухо вкладыши из вспененного эластомерного материала. Вторую группу не инструктировали. При проверке этих 8 участников воспроизведение звуковых сигналов прекращалось после 5 циклов. Вторая группа из 4 участников проходила проверку используя другую модель вкладышей, и воспроизведение звуковых сигналов прекращали через 30 секунд. Последний участник проходил проверку при таком же ограничении длительности сигнала.

На Фиг. 7 представлена часть результатов измерений (окно таблицы базы данных «Подробности»). Видны столбцы с данными для каждого сочетания участник-замер. В столбце «Идентификатор» (*Identifier*) находится номер (уникальный, присвоенный каждому участнику). В столбце «Уровень звукового давления» (*Level*), громкость, показано, при каком уровне начиналась проверка. При проверке при каждой из частот тестовых звуков для результатов измерений и для стандартных отклонений создавались (отдельные) столбцы. (Эти столбцы можно найти по частоте (тестового звукового сигнала), указываемой над каждым из них. В них указываются и индивидуальные результаты измерений, и среднее значение. В примыкающем соседнем столбце указываются соответствующие значения стандартных отклонений)

Условия проведения замеров:
оба уха открыты
одно ухо закрыто

Уникальный № участника

Уровень звукового давления (начальный)

Среднее значение порогов; и индивидуальные пороги

Среднее значение порогов; и индивидуальные пороги

Частота 1 кГц

Частота 250 Гц

Стандартное отклонение порогов, измеренных при частоте 250 Гц

Подобности

Details : Table

Date	Identifier	Module	Test	Channel(s)	Level	1000 Hz	SD_1000_Hz	250 Hz	SD_250_Hz
Apr 29, 2008	2086	Open Both	Both	70	37.3; 36, 41, 34, 39, 35	3.3	42.8; 40, 45, 40, 45, 41	2.63	
Apr 29, 2008	2087	Occluded1	Both	70	60.5; 60, 63, 59, 62, 58	2.38	61.5; 59, 65, 58, 64, 59	3.51	
Apr 29, 2008	2088	2 Open Both	Both	70	23.0; 20, 28, 19, 25, 20	4.24	32.5; 30, 34, 26, 38, 32	5	
Apr 29, 2008	2089	2 Occluded1	Both	70	45.0; 42, 50, 40, 48, 42	4.76	47.8; 44, 51, 44, 51, 45	3.77	
Apr 29, 2008	2090	3 Open Both	Both	70	19.5; 14, 26, 12, 26, 14	7.55	33.8; 29, 39, 30, 36, 30	4.5	
Apr 29, 2008	2091	3 Occluded1	Both	70	37.5; 33, 41, 32, 42, 35	4.8	36.3; 32, 41, 32, 40, 32	4.92	
Apr 29, 2008	2092	4 Open Both	Both	70	21.8; 19, 28, 18, 24, 17	5.19	31.3; 27, 34, 28, 34, 29	3.2	
Apr 29, 2008	2093	4 Occluded1	Both	70	55.5; 52, 59, 52, 58, 53	3.51	52.3; 51, 55, 49, 54, 51	2.75	
Apr 29, 2008	2094	1 Open Both	Both	70	23.3; 21, 27, 20, 26, 20	3.77	32.8; 30, 36, 30, 35, 30	3.2	
Apr 29, 2008	2095	1 Occluded1	Both	70	47.3; 45, 50, 44, 50, 45	3.2	49.8; 45, 53, 47, 52, 47	3.2	
Apr 29, 2008	2096	2 Open Both	Both	70	25.0; 24, 30, 22, 27, 21	4.24	32.0; 32, 34, 30, 34, 30	2.31	
Apr 29, 2008	2097	2 Occluded1	Both	70	46.8; 47, 52, 45, 51, 39	6.02	44.8; 44, 48, 41, 47, 43	3.3	
Apr 29, 2008	2098	3 Open Both	Both	70	24.5; 22, 30, 21, 27, 20	4.8	36.0; 34, 43, 34, 39, 28	6.48	
Apr 29, 2008	2099	3 Occluded1	Both	70	43.8; 41, 47, 40, 47, 41	3.77	51.3; 50, 54, 48, 54, 49	3.2	
Apr 29, 2008	2100	4 Open Both	Both	70	19.8; 19, 27, 15, 22, 15	5.85	32.5; 29, 37, 29, 36, 28	4.65	
Apr 29, 2008	2101	4 Occluded1	Both	70	21.3; 21, 25, 19, 24, 17	3.86	28.3; 29, 35, 25, 33, 20	6.99	
Apr 29, 2008	2102	1 Open Both	Both	70	24.3; 22, 26, 21, 28, 21, 27, 21, 26	3.15	39.1; 37, 43, 37, 41, 35, 41, 36, 41	3.08	
Apr 29, 2008	2103	1 Occluded1	Both	70	49.4; 47, 51, 46, 52, 47, 51, 48, 51	2.37	51.6; 51, 52, 49, 54, 49, 54, 50, 53	2.23	
Apr 29, 2008	2104	2 Open Both	Both	70	20.8; 21, 24, 21, 24, 19, 21, 18, 21, 17, 22	2.44	33.9; 32, 36, 32, 37, 31, 35, 31, 37, 32	2.64	
Apr 29, 2008	2105	2 Occluded1	Both	70	42.3; 41, 49, 40, 44, 40, 43, 40, 43, 39	3.28	44.8; 41, 47, 40, 48, 41, 49, 44	3.76	
Apr 29, 2008	2106	3 Open Both	Both	70	19.2; 19, 25, 15, 22, 14, 20	4.66	36.6; 35, 40, 33, 39, 33, 37, 34, 40	3.21	
Apr 29, 2008	2107	3 Occluded1	Both	70	40.2; 38, 43, 37, 44, 36, 44, 37	3.87	47.5; 45, 50, 44, 51, 44, 50, 46	3.21	
Apr 29, 2008	2108	4 Open Both	Both	70	26.4; 24, 33, 23, 29, 21, 26	4.77	32.2; 31, 36, 29, 37, 29, 33, 29	3.71	
Apr 29, 2008	2109	4 Occluded1	Both	70	52.8; 46, 60, 46, 55, 50	6.08	54.3; 51, 56, 52, 58, 51, 56, 51, 56	2.87	
Apr 29, 2008	2118	1 Open Both	Both	70	20.4; 20, 26, 18, 23, 15, 20	4.28	36.8; 34, 41, 34, 40, 32, 37	3.83	
Apr 29, 2008	2119	1 Occluded1	Both	70	41.6; 42, 44, 40, 43, 39, 44, 41, 43, 39, 41	2.01	49.0; 59, 52, 46, 52, 46	3.46	

Record: 25 of 122 (Filtered)

Фиг. 7. Пример результатов измерений.

Перед проведением замеров все участники прошли [отоскопическую проверку](#) слуховых каналов, что гарантировало отсутствие «[пробок](#)». У одного из участников один из слуховых каналов не был чистым. Поэтому у этого участника был проведён повторный замер, без вкладышей, и в результате получилось маленькое ослабление шума. (Программа) позволяет записывать файлы с не обработанными данными (*low-level data*) для результатов измерений у всех участников во время проверки. Последующая проверка этой информации и её сопоставление с обработанной информацией подтверждает их достоверность. При испытании системы был выявлен недостаток: оператор не мог полностью использовать таблицы базы данных во время проверки. Изначально в одной и той же базе данных создавалось по три таблицы. При проведении измерений программа непрерывно обновляла их содержание. В результате, при попытках оператора добавить в них результаты новых измерений «вручную», самостоятельно, возникали проблемы. Для решения этой проблемы каждая из таблиц создавалась в своей базе данных.

В целом, это испытание показало, что система Multifit4 работает хорошо. Проверка выявила некоторые небольшие недостатки при использовании базы данных и другие. Это будет учтено при дальнейшем совершенствовании программного обеспечения.

Заключение

Развитие [нейросенсорной тугоухости](#) при чрезмерном воздействии производственного шума можно предотвратить в 100% случаев. Но, если ухудшение слуха произошло, то его нельзя вылечить, и такое ухудшение здоровья может сильно повлиять на жизнь. Программа Национальной ассоциации по защите слуха (*National Hearing Conservation Association's Alliance Program*), совместно с [Национальным институтом охраны труда](#) (NIOSH) и с [Департаментом условий и охраны труда](#) (в Минтруда США, OSHA) считают, что [индивидуальные измерения ослабления шума у каждого сочетания «работник-СИЗОС»](#) (при подборе модели СИЗОС перед началом работы в шумных условиях, при обучении работника правильно и своевременно использовать СИЗОС, и затем периодически) является наилучшим способом защиты той части работников, которым приходится применять СИЗОС. Указанные организации **рекомендуют использовать такой подход всем работодателям [9-1]** (NIOSH, 2008). Система Multifit4 была разработана для того, чтобы квалифицированные специалисты могли оценить, насколько хорошо

работники (выбранного) предприятия обучены правильно применять СИЗОС, и как эффективность способа их обучения. Первые пробные применения системы показали, что система позволяет создавать звуки требуемого качества и громкости, и может применяться для проверки на предприятиях. Планируется провести дополнительные исследования для сравнения результатов, полученных при использовании системы Multifit4 и при замерах в стационарной аккредитованной ([NIST National Voluntary Laboratory Accreditation Program](#)) лаборатории (*NIOSH Auditory Research Laboratory*), проводящей проверки методом REAT в соответствии с требованиями стандарта *ANSI S12.6*. Затем система Multifit4 будет использована для оценки того, как влияет на ослабление шума вкладышами применение ([бесплатно доступной разработки NIOSH](#)) [QuickFit \[9-2\]](#) (*NIOSH, 2008*), и другие мероприятия, проводимые для улучшения обученности рабочих. Ожидается, что частое и регулярное применение Multifit4 приведёт к её дальнейшему улучшению, в том числе, путём доработки и развития на основе замечаний использующей её оператора.

Правовая оговорка

Описанные в этом отчёте результаты и выводы принадлежат его авторам, и могут не совпадать с официальной позицией Национального института охраны труда (NIOSH).

Литература

1. ↑ [Elliott H. Berger, John R. Franks & Frederik Lindgren. Chapter 29. International review of field studies of hearing protector attenuation](#) // Scientific basis of noise-induced hearing loss / Axelsson A., Borchgrevink H., Hamernik R.P., Hellstrom P., Henderson D., Salvi R.J., eds. — New York, NY, USA: Thieme Medical Publishers, 1996. — P. 361-377. — 472 p. — (Proceedings of the 5th International Symposium on the Effects of Noise on Hearing, held in Gothenburg, Sweden, May 12-14, 1994). — ISBN 978-3131026811.
2. ↑ [Park MY, Casali JG. \[1991\] A controlled investigation of in-field attenuation of selected insert, earmuff, and canal cap hearing protectors. Human Factors 33\(6\): 693-714. https://doi.org/10.1177/001872089103300606](#)
3. ↑ [Robert F. Randolph & Fred N. Kissell \[2008\], The effect of an insertion lubricant on the noise attenuation of foam earplugs](#), NOISE-CON 2008: Proceedings of the 2008 National Conference on Noise Control Engineering, Dearborn, Michigan, July 28-31, 2008.
4. ↑ [John R. Franks, William J Murphy, Dave A. Harris, Jennifer L Johnson, and Peter B. Shaw, \[2004\] Alternative field methods for measuring hearing protector performance](#) American Industrial Hygiene Association Journal 64(4): 501-509. https://doi.org/10.1202/309.1
5. ↑ [1 2 3 Michael KL, Byrne DC. \[2002\]. Current State of Insert-Type Hearing Protector Fit-Testing: Follow-On Measurements in the Steel Industry and Fit-Testing in a Mobile Environment](#). Spectrum 19(Suppl 1): 14-16.
6. ↑ [1 2 Michael KL \[1998\]. Comprehensive use of hearing protectors: Integration of training, field monitoring, communication and documentation. Journal of Occupational Hearing Loss 1:67-74.](#)
7. ↑ [ANSI/ASA \[2008\]. American National Standard Methods for Measuring the Real-Ear Attenuation of Hearing Protectors. ANSI/ASA S12.6-2008. \(2016\).](#)
8. ↑ [ANSI/ASA \[2009\]. American National Standard Methods for Manual Pure-Tone Threshold. ANSI/ASA S3.21-2004 \(R2009\).](#)
9. ↑ [1 2 Robert Randolph. QuickFit Earplug Test Device \(Technology News, No 534\)](#). — National Institute for Occupational Safety and Health. — Pittsburgh, PA, 2009. — P. 2. **Есть перевод:** Устройство для проверки эффективности вкладышей [QuickFit PDF Wiki](#).