

# ИНФОРМАЦИЯ О ПРОДУКЦИИ

## ПО DIRAC для вычисления акустики помещений, тип 7841

ПО DIRAC предназначено для измерения акустических параметров различных помещений. Благодаря измерению и анализу импульсных характеристик ПО DIRAC поддерживает широкий набор настроек измерительной установки. Для выполнения точного измерения, соответствующего стандарту ISO 3382, можно использовать создаваемые в программе или внешние возбуждающие сигналы, излучаемые источником звука в виде громкоговорителя.

Съемочные измерения могут быть легко выполнены при помощи небольшого импульсного источника звука, такого как стартовый пистолет или даже воздушный шарик.

Измерение разборчивости речи может быть выполнено, в соответствии со стандартом МЭК 60268-16, при помощи искусственного рта (направленного громкоговорителя), такого как Echo Speech Source модели 4720 или при помощи непосредственной инжекции в звуковую систему с учетом влияния фонового шума.

ПО DIRAC – это инструмент, необходимый для полевых измерений, для работы в лаборатории, а также для применения в исследовательских и научных центрах. Более подробная информация о ПО DIRAC и областях его применения может быть найдена на сайте [www.bksv.com/DIRAC](http://www.bksv.com/DIRAC).



### Области применения и функциональные особенности

#### Области применения:

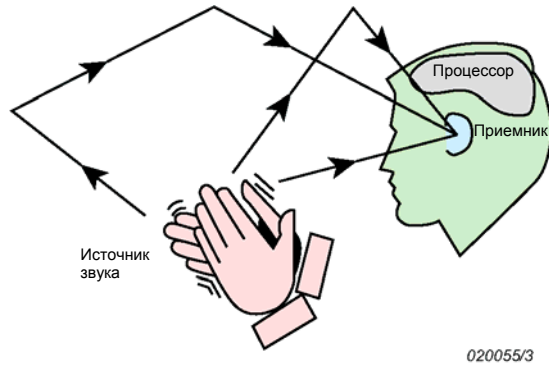
- измерение акустики любого помещения, зала или пространства;
- измерение разборчивости речи;
- проверка акустики перед и после изменений;
- сравнение акустики различных помещений;
- измерение на масштабной модели;
- испытание и подтверждение звуковой системы;
- исследования и изыскания в области акустики;
- поиск и исправление проблемных акустических мест в помещении.

#### Функциональные особенности:

- двухканальное измерение акустики помещения;
- соответствие стандарту ISO 3382 (акустика помещений), ISO 18233 (методы анализа) и МЭК 60268-16 (разборчивость речи);
- простое и быстрое измерение при помощи дополнительного откалиброванного источника речи (Echo Speech Source, модель 4720);
- реверсивная временная фильтрация, позволяющая измерить короткие интервалы времени реверберации;
- редактирование импульсной характеристики с неограниченной функцией отмены операции;
- автоматическое измерение для больших помещений;
- предварительно определенные и задаваемые пользователем параметры;
- аурализация любого звука, воспроизведенного в помещении, при помощи импульсной характеристики помещения;
- сравнение результатов и вычисление статистики.

## О программе DIRAC

**Рис. 1**  
Основные принципы измерения импульсной характеристики



поэтому она удобна для анализа и хранения. ПО DIRAC позволяет измерять и сохранять акустические импульсные характеристики и вычислять акустические параметры по импульсным характеристикам.

### Другие возбуждающие сигналы

При помощи метода обратной свертки ПО DIRAC позволяет также вычислять импульсные характеристики по другим возбуждающим сигналам, что позволяет использовать громкоговорители в качестве источников звука. Такие источники обладают лучшей направленностью, частотным спектром и повторяемостью по сравнению с импульсными источниками звука, а также предоставляют более высокий динамический диапазон, благодаря методу обратной свертки. Примером подходящего неимпульсного сигнала возбуждения является сигнал последовательности максимальной длины (MLS – от англ. Maximum Length Sequence), сигнал с качанием частоты (синусоидальный сигнал, частота которого изменяется линейно или экспоненциально с течением времени), белый и розовый шум.

Для исследования акустических свойств помещения можно хлопнуть в ладони и послушать отклик. Несмотря на то, что в данном методе может оказаться сложным описать словами то, что было услышано, он позволяет оценить, будет ли речь разборчивой, музыка приятно звучать в этом помещении. ПО DIRAC работает по тому же принципу, т. е. позволяет измерять акустические свойства системы на базе импульсной характеристики.

### Импульсная характеристика

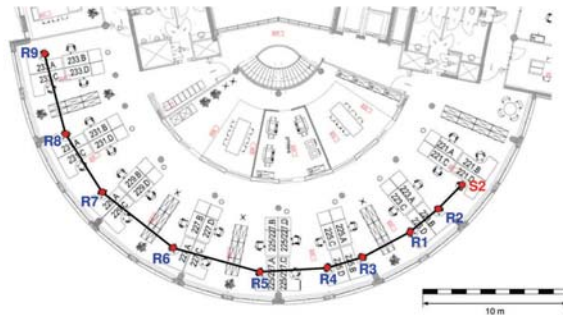
Математическая импульсная функция или *дельта-функция Дирака*, названная по имени физика-теоретика Поля А. М. Дирака, является бесконечно короткой и обладает единичной энергией. В отклике системы на такую функцию содержится вся информация о системе,

## Пример использования

В данном примере показано недавно построенное офисное здание, имеющее помещение с открытой планировкой. ПО DIRAC использовалось для проверки акустических параметров этого помещения в соответствии с требованиями стандарта ISO 3382–3.

Для измерения был необходим калиброванный источник звука, ПО DIRAC располагает средствами, позволяющими провести подобную калибровку в диффузионном (реверберационная камера) или свободном поле. Измерение было начато со стандартного уровня калибровки микрофона.

**Рис. 2**  
Измерение параметров офиса с открытой планировкой при помощи ПО DIRAC. Импульсная характеристика измерялась на разных рабочих местах. Полученные данные позволили вычислить все требуемые стандартом ISO 3382–3 акустические параметры помещения

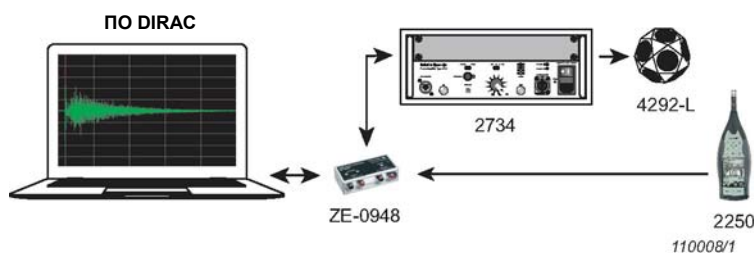


Источник звука в виде громкоговорителя был расположен на одном из рабочих мест (S2), а измеритель уровня звука перемещался по кругу, от одной точки до другой (R1-R9). ПО DIRAC было запущено на ноутбуке и позволяло включать тестовый сигнал громкоговорителя, одновременно измеряя индексы разборчивости речи по сигналу, полученному от микрофона измерителя уровня звука.

Применение нового оборудования дало возможность вычисления всех четырех величин, выполняя по одному измерению в каждой точке.

Сравнение индексов разборчивости речи, вычисленных для разных точек, а также статистический анализ результатов, были выполнены в ПО DIRAC.

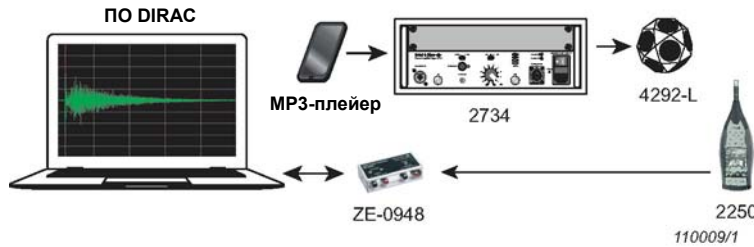
**Рис. 3**  
Измерительная система: сигнал возбуждения, поступающий с ПК



На рис. 2 показан типовой случай применения ПО DIRAC для измерения времени реверберации и разборчивости речи офиса с открытой планировкой. Элементы системы представлены на рис. 3. В их состав входит рекомендуемый USB-аудио-интерфейс ZE-0948 (см. п. «Звуковая карта» на стр. 4).

Если ПК и источник звука расположены далеко друг от друга, сигнал возбуждения может быть воспроизведен при помощи MP3-плеера или проигрывателя компакт-дисков, см. рис. 4.

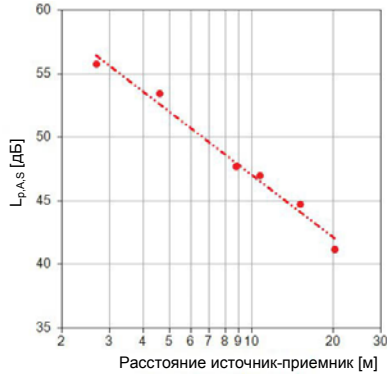
**Рис. 4**  
Измерительная система: сигнал возбуждения, поступающий с MP3-плеера



Для этого в комплект поставки ПО DIRAC входит компакт-диск с соответствующими сигналами возбуждения. Усилитель мощности модели 2734-B обладает беспроводной аудио-системой, которая упрощает его расположение и перемещение вместе с громкоговорителем.

Вычисленные параметры могут быть представлены в виде зависимости от частоты или расстояния «источник-приемник», как показано на рис. 5. На этом рисунке представлено измеренный A-взвешенный уровень звукового давления обычной речи в виде зависимости от расстояния «источник-приемник» в логарифмическом масштабе. По углу наклона линии, проведенной через эти точки, ПО DIRAC позволяет вычислять следующие параметры:  $L_{p,A,S,4}$ , A-взвешенный уровень речи на расстоянии 4 м, и  $D_{2,S}$ , пространственный коэффициент затухания речи.

**Рис. 5**  
Наклонная линия, проходящая через отсчеты уровня звука речи, характеризует пространственное затухание звука



Аналогичный график может быть создан для индекса передачи речи (STI – от англ. Speech Transmission Index), по уровню наклона которого можно рассчитать расстояние отвлечения  $r_D$  и расстояние приватности  $r_P$ .

Все параметры, описываемые стандартом ISO 3382-3, могут быть просмотрены на экране программы DIRAC и экспортированы для использования в отчете за один раз.

В сочетании с возможностью выполнения одного измерения в каждой точке это позволяет сделать решение проблемы измерения параметров офиса с открытой планировкой быстрым и простым.

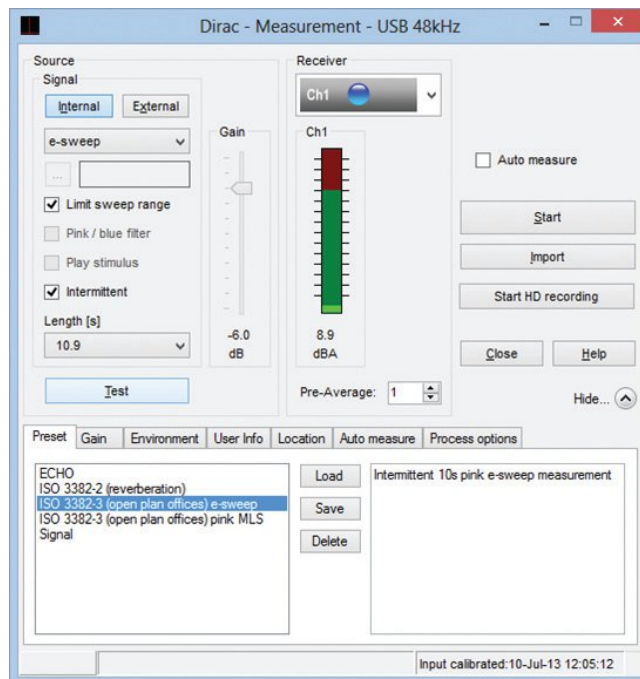
**Рис. 6**  
Измерительная система: возбуждающий сигнал, поступающий от источника Echo Speech Source модели 4720



Для измерения разборчивости речи в соответствии со стандартом МЭК 60268-16 рекомендуется использовать источник Echo Speech Source модели 4720.

## Интерфейс пользователя

**Рис. 7**  
Типовые настройки ПО DIRAC с возбуждением сигналом с качением частоты, длительностью 10,9 секунды



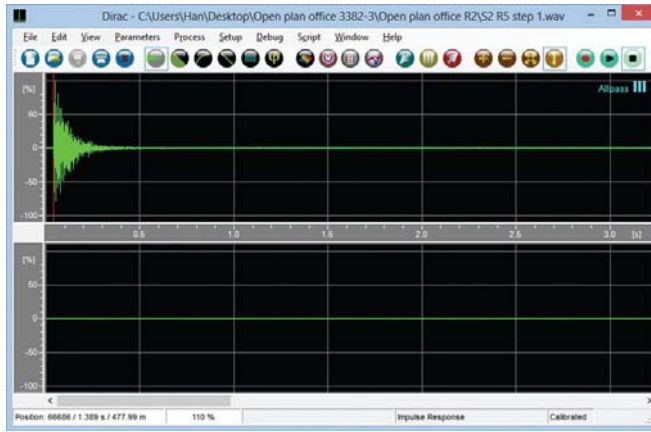
Интерфейс пользователя программы DIRAC, готовой к измерению, представлен на рис. 7. Предварительно заданные настройки делают подготовку к измерению чрезвычайно простой.

В данном примере заданы настройки в соответствии со стандартом ISO 3382-3. Сигнал возбуждения и режим качения частоты по экспоненте выбраны для максимального подавления шумов и искажений.

Фоновый шум подавляется благодаря увеличению времени возбуждения – для увеличения подавления на 3 дБ требуется вдвое увеличить время возбуждения. В данном случае ожидаемое время реверберации составляет 1 с, а время качания 10,9 с, что позволит улучшить отношение импульсного отклика к шуму (INR – от англ. impulse response-to-noise ratio) на более чем 10 дБ по сравнению с традиционными методами измерения.

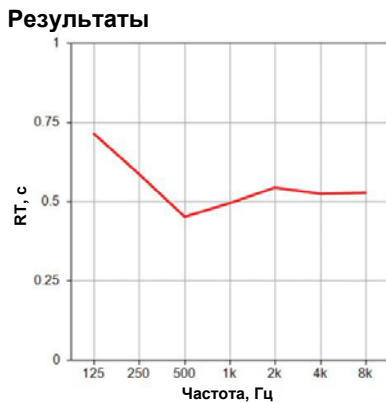
При нажатии на кнопку «Test» (Проверка), сигнал с качением частоты начнет повторяться на громкоговорителе, что позволит настроить уровень громкости и чувствительность микрофона.

**Рис. 8**  
Измеренная импульсная характеристика, которая может быть сохранена, исследована, прослушана и использована для вычисления всех акустических параметров помещения



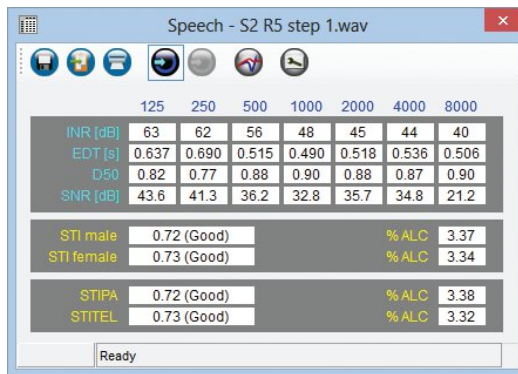
При нажатии на кнопку «Start» (Запуск) начнется процедура измерения и вычисления, а на экране появится импульсная характеристика, см. рис. 8. Амплитуда импульсной характеристики должна плавно падать и не иметь фонового шума. Прослушать импульсную характеристику можно при помощи функции воспроизведения сигнала на громкоговорителе, что позволяет проверить ее на предмет наличия различного эха в помещении.

**Рис. 9**  
Спектр времени реверберации, показывающий значения, характеризующие окружающую обстановку в офисе



По импульсной характеристике можно вычислить любой акустический параметр помещения. При вычислении параметра «Reverberation» (Реверберация) на экран будет выведен RT-спектр (спектр времени реверберации), см. рис 9. Данный спектр имеет относительно высокое значение на частоте 125 Гц. Это означает, что звук имеет «гудящий» характер, что не является хорошим показателем для офисов с открытой планировкой.

**Рис. 10**  
Вычисление речи (Speech) с хорошими результатами



При вычислении параметра «Speech» (Речь), в данном случае, получены хорошие (Good) результаты (см. рис. 10). Максимально возможная величина равна 1,00, а показатель около 0,7 определяется временем реверберации помещения (высокое отношение сигнал/шум говорит о малом фоновом шуме). Влияние низкого отношения сигнал/шум может быть сымитировано путем ввода речи и определенного уровня шума вручную. Как правило, положение громкоговорителя и слушающих его лиц определенным образом исследуется. Это позволяет обеспечить соответствие техническим параметрам, а также идентифицировать возможные места с плохой слышимостью. Графики параметров доступны для просмотра и внесения в документацию, как показано на рис. с 25 по 31.

## Требуемое аппаратное обеспечение

Минимально требуемый набор аппаратного обеспечения для работы с ПО DIRAC состоит из ПК со звуковой картой, импульсного источника шума, такого как стартовый пистолет, и микрофона, подключенного к линейному входу звуковой карты. Каждый из этих трех компонентов может быть различным и определяется типом выполняемого измерения.

### Звуковая карта

**Рис. 11**  
USB-аудио-интерфейс ZE-0948, рекомендуемый для создания линейного интерфейса подключения микрофона и систем громкоговорителей. Интерфейс ZE-0948 поставляется вместе с ПО DIRAC при заказе с номером 7841-100 (см. п. «Информация для заказа»)



Типовой функцией звуковой карты, используемой совместно с ПО DIRAC, является предоставление линейного входа и линейного выхода, а также регуляторов усиления. При работе с ноутбуком или переносным ПК звуковая карта уже может быть встроена в него или подключена через USB-интерфейс. ПО DIRAC автоматически определяет свойства звуковой карты при помощи проверки методом обратной связи, когда выход звуковой карты подключается к ее входу. Эта проверка позволяет определить оптимальный формат дискретизации, измерить линейность, синхронность и частотную характеристику. Таким образом, программное обеспечение становится независимым от применяемой звуковой карты, а усиление по входу и выходу может легко измеряться внутри самой программы DIRAC. Рекомендуется использовать специализированные звуковые карты, см. рис. 11. USB-аудио-интерфейс ZE-0948 (имеет размер со спичечный коробок) обладает двухканальным линейным входом и выходом, а также индикацией перегрузки по входу. Он подключается к USB-разъему компьютера для питания и передачи данных, соответствует стандартной классификации USB-устройств и построен по принципу автоматического конфигурирования «plug-and-play». Это позволяет начать работу с ним сразу после подключения, не устанавливая какие-либо драйверы.

При больших уровнях звукового давления сигнал, поступающий с микрофона, может быть достаточным для измерения импульсной характеристики непосредственно через линейный вход звуковой карты, т.е. дополнительного усиления не требуется. В этом случае может применяться измеритель уровня звука с линейным выходом. Список рекомендуемых моделей представлен в разделе «Информация для заказа» на стр. 12.

## Источники звука

**Рис. 12**

Ненаправленный источник звука OmniPower модели 4292-L рекомендуется для обеспечения требований стандарта ISO 3382



Вместо применения импульсного источника звука может использоваться громкоговоритель. Для измерения акустических параметров помещения в соответствии с требованиями стандарта ISO 3382 должен применяться ненаправленный источник звука, такой как OmniPower™ модели 4292-L.

Источник звука OmniPower обладает следующими особенностями:

- ненаправленность (12 громкоговорителей в форме додекаэдра);
- небольшая масса (8 кг);
- максимальная мощность звука 122 дБ относительно 1 пВт (от 100 до 3150 Гц);
- соответствие требованиям стандарта DIN 52210, ISO 140 и ISO 3382.

Для имитации реального громкоговорителя в процессе измерения разборчивости речи в соответствии с требованиями стандарта МЭК 60268–16 может применяться источник речи Echo Speech Source модели 4720. Источник речи разработан специально для работы с ПО DIRAC. Он позволяет создавать полностью откалиброванные сигналы, соответствующие различным условиям измерения.

**Рис. 13**

Источник речи Echo Speech Source модели 4720 является предпочтительным источником сигнала для измерения разборчивости речи



Источник речи Echo Speech Source обладает следующими особенностями:

- полностью откалиброванный уровень и спектр сигнала;
- эталонный сигнал речи на расстоянии 1 м: 60 дБ(A);
- пять встроенных сигналов возбуждения;
- установка на обычный штатив;
- внешний вход и выход;
- компактность и небольшая масса (10×10×17 см, 1 кг).

Можно также измерить разборчивость речи при помощи системы усиления звука, в которой применяются громкоговорители, а сигнал возбуждения формируется непосредственно в ПО DIRAC, или при помощи внешнего устройства, такого как источник речи Echo Speech Source, проигрыватель компакт-дисков или MP3-плеер. Компакт диск с сигналами возбуждения поставляется вместе с ПО DIRAC.

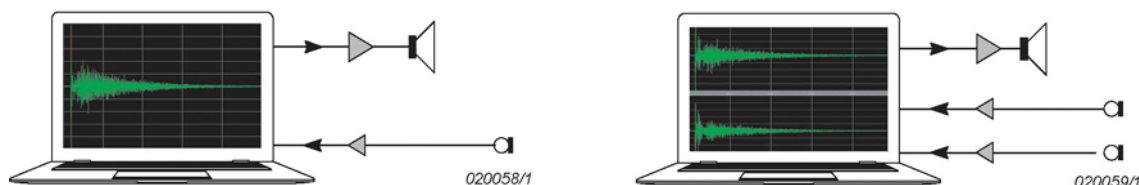
## Методы измерения

ПО DIRAC поддерживает несколько методов измерения импульсной характеристики в зависимости от применяемого источника звука. Работа с тем или иным методом зависит от ситуации.

Метод с применением собственного сигнала последовательности максимальной длины (MLS), линейного или экспоненциального качания частоты являются достаточно точными, но требуют наличия подключения между ПК и источником звука в виде громкоговорителя или другой системы.

**Рис. 14**

Собственные сигналы возбуждения. Сигнал возбуждения создается в ПО DIRAC



Методы с применением внешнего сигнала последовательности максимальной длины (MLS), линейного или экспоненциального качания частоты не требуют подключать ПК к источнику звука или к другой системе, что удобно при работе на больших расстояниях. Однако при этом требуется наличие внешнего устройства, такого как проигрыватель компакт-дисков или MP3-плеер. Такая система показана на рис. 4, 6 и 15.

**Рис. 15**

Внешние сигналы возбуждения. Можно применять компакт-диск с сигналами возбуждения или записать собственный сигнал с выхода ПО DIRAC



Метод внешнего шума позволяет использовать любой широкополосный сигнал, продолжительный во времени, такой как шум или музыка. Однако этот метод менее точен и работает только с одним измерительным каналом.

**Рис. 16**  
Метод внешнего шума: возбуждение представляет собой широкополосный сигнал, такой как шум или музыка



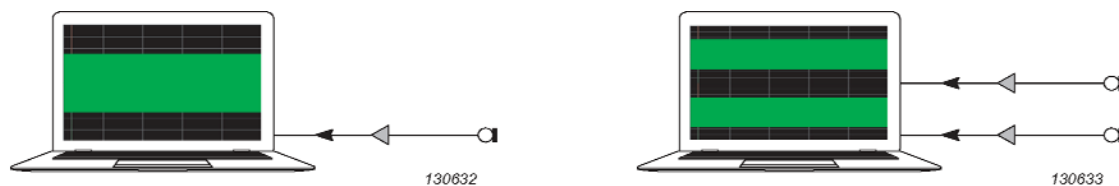
Метод внешнего импульса позволяет использовать небольшой и легкий источник звука, такой как надувной шарик или стартовый пистолет, однако, он менее точен.

**Рис. 17**  
Метод внешнего импульса: возбуждением является импульсный сигнал, полученный, например, от стартового пистолета или бумажного пакета



Метод с измерением сигнала требуется для измерения уровня и направленности звука.

**Рис. 18**  
Измерение сигнала: ПО DIRAC может также измерять простой сигнал, не являющийся специальным сигналом возбуждения



### Практические примеры

На рис. 19 показаны некоторые практические примеры конфигурации системы для вычисления пространственных параметров.

**Рис. 19**  
Слева: измерение времени реверберации и отношения энергий; справа: измерение интер-ауральной функции взаимной корреляции (IACC)



### Акустические параметры

ПО DIRAC позволяет вычислить ряд акустических параметров, как по одноканальной, так и по двухканальной импульсной характеристике в зависимости от типа приемника, используемого в процессе измерения. Пользователь может выбрать шесть различных типов приемника (см. табл. 1). Полный список доступных акустических параметров представлен в разделе «Технические параметры» на стр. 11.

**Таблица 1.**  
Выбранный тип приемника и вычисляемые параметры

Тип приемника	Кнопка	Параметры
Отдельный ненаправленный микрофон		Все параметры за исключением пространственных и I
Переключаемый ненаправленный микрофон		Все параметры за исключением IACC и I
сдвоенный ненаправленный микрофон		Все параметры за исключением LF, LFC, IACC и I
Ненаправленный и двунаправленный микрофон		Все параметры за исключением пространственных и I
Имитатор головы		IACC, IACC <sub>x</sub>
Микрофонный датчик интенсивности		Все за исключением IACC

### Калибровка

ПО DIRAC поддерживает режим проверки звуковой карты методом обратной связи, что позволяет оптимизировать работу и настроить интерфейс пользователя звуковой карты в программе DIRAC, а также выполнить два различных вида калибровки:

1. Калибровка системы позволяет измерять силу звука (G) и связанные с ней параметры, а также увеличить точность измерения боковой части энергии (LF и LFC), если это необходимо.

Калибровку системы лучше всего выполнять в реверберационной камере, однако, она может быть также выполнена в условиях свободного поля, например, на большой сцене.

2. Калибровка уровня входного сигнала позволяет измерять абсолютный уровень звукового давления (или напряжение), а также связанные с этим параметры ( $L_{eq,i}$ ).

Стандартом ISO 3382–3 предписывается выполнение калибровок обоих типов.

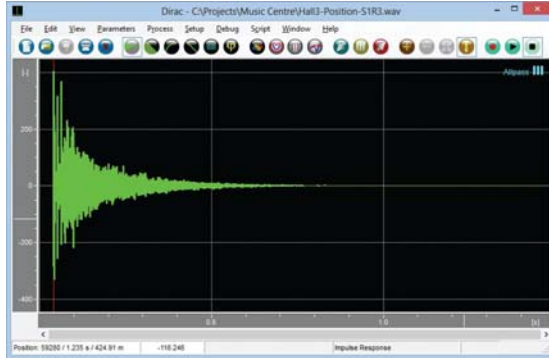
### Просмотр импульсной характеристики

ПО DIRAC позволяет отображать импульсную характеристику различными способами. Зависимость энергии от времени характеризует распределение средней энергии или выделяющихся выбросов энергии, кривая интегрирования в прямом показывает кумулятивное изменение энергии, а кривая затухания представляет собой изменение энергии при интегрировании в обратном направлении.

Во время просмотра графика во временной области можно выбрать любую часть импульсной характеристики и отредактировать ее, прослушать или изучить выбранный интервал более подробно.

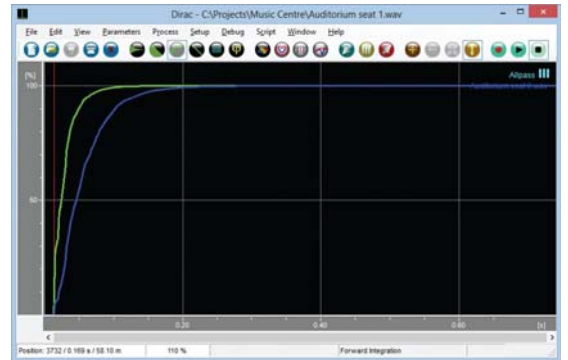
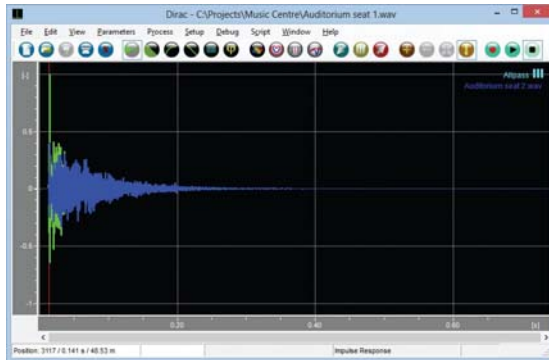
**Рис. 20**

Представление во временной области: исходная импульсная характеристика и зависимость энергии от времени для одноканального измерения



**Рис. 21**

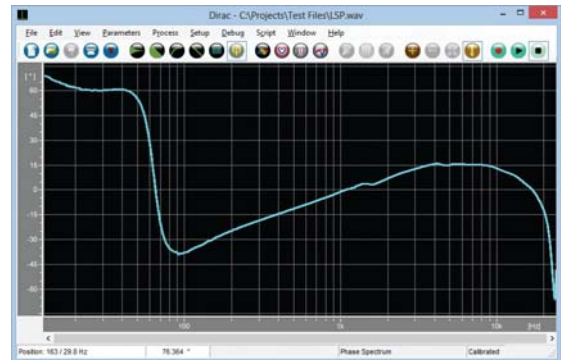
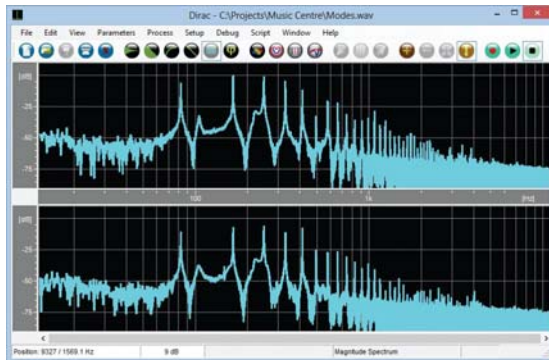
Представление во временной области: сравнение двух одноканальных импульсных характеристик и их кривые интегрирования в прямом направлении



Различные спектральные представления удобны для анализа амплитуды и фазы в частотной области.

**Рис. 22**

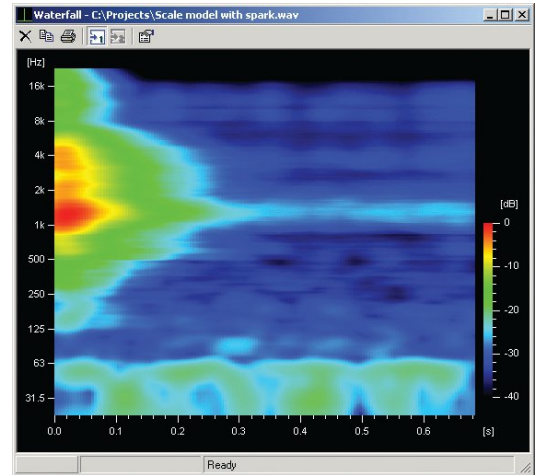
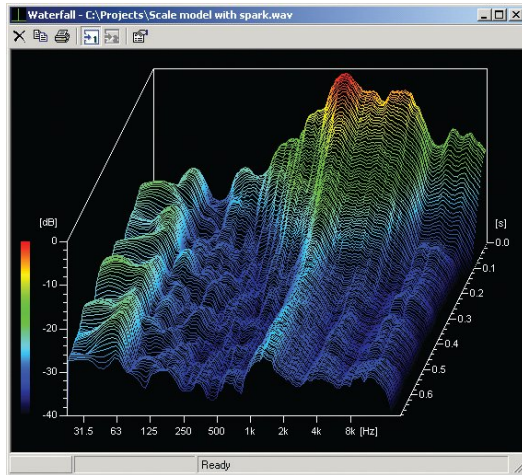
Представление в частотной области: линейный БПФ и фазовый спектр



### Диаграмма энергия-время-частота

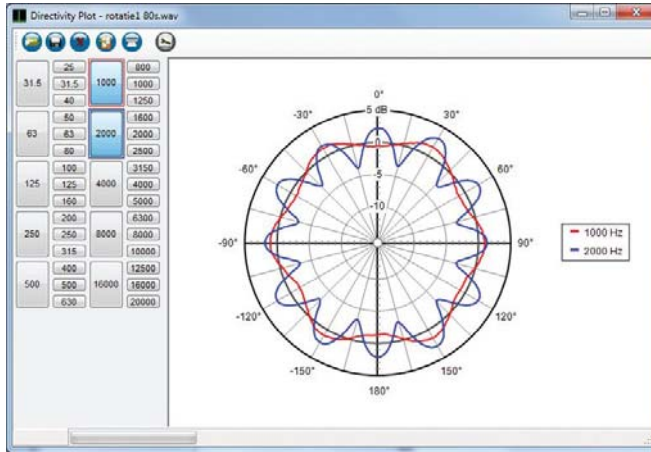
Чтобы ясно представить себе изменение спектра импульсной характеристики, ПО DIRAC позволяет строить различные типы графиков энергия-время-частота, таких как кумулятивное затухание спектра (CSD – от англ. Cumulative Spectral Decay) и спектрограммы.

**Рис. 23**  
Диаграмма энергия-время-частота: каскадный график и спектрограмма



### Диаграмма направленности

**Рис. 24**  
Диаграмма направленности: направленность источника звука в двух различных частотных диапазонах



Направленность источника звука может быть исследована путем воспроизведения сигнала розового шума, который затем записывается, а результаты выводятся в процессе поворота устройства. После этого записанный сигнал может быть представлен на графике в виде диаграммы направленности. Диаграмма направленности позволяет также исследовать направленность акустических параметров, таких как сила звука (*Strength*) и четкость (*Clarity*).

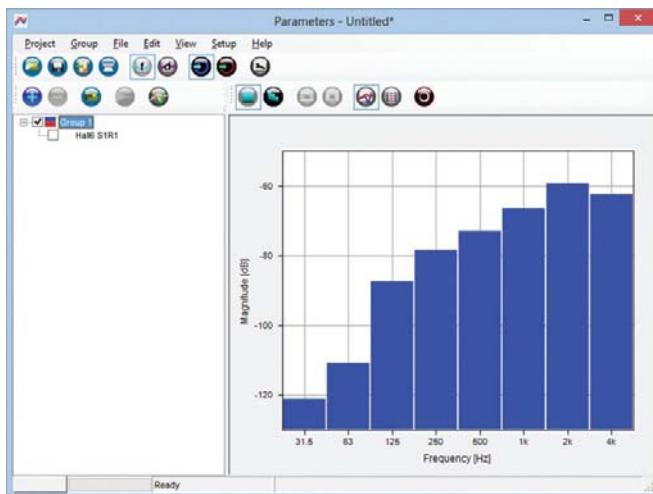
### Таблицы параметров и графики

Акустические параметры, вычисляемые по импульсным характеристикам, могут отображаться в виде графиков или быть представлены в табличной форме. Измерения могут быть сгруппированы, а по каждой группе файлов могут быть вычислены средние значения, максимумы, минимумы и среднеквадратические отклонения измеренных акустических параметров. Группы файлов и их настройки могут быть сохранены в виде проекта. Результаты могут быть просмотрены на экране или скопированы и вставлены в отчет. Пользователь может также вычислить и сохранить за один раз набор всех заданных параметров по всему проекту.

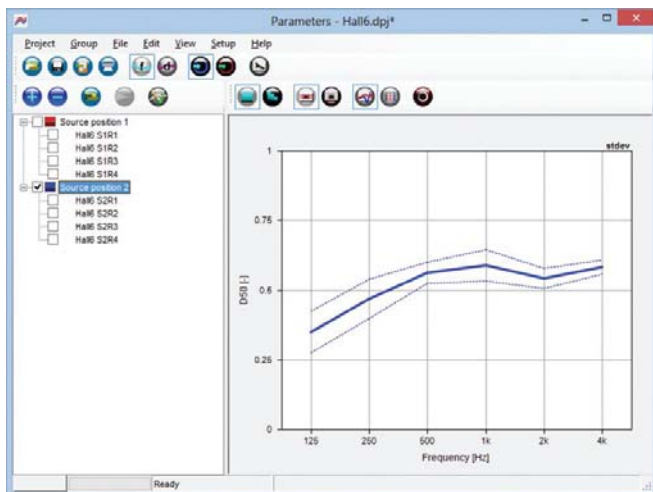
**Рис. 25**  
Таблица параметров может быть настроена пользователем, например, для отображения только некоторых из них

	125	250	500	1000	2000	4000
T20 [s]	1.788	1.411	1.224	1.206	1.225	1.132
T30 [s]	1.644	1.362	1.212	1.237	1.283	1.158
G [dB]	14.84	11.48	12.40	11.30	10.23	10.23
Ts [ms]	108.5	65.6	60.9	61.2	74.8	76.5
C80 [dB]	0.98	4.85	5.04	4.80	2.82	2.99
D50 [-]	0.37	0.63	0.56	0.64	0.56	0.52
LF [-]	0.18	0.07	0.07	0.18	0.18	0.17

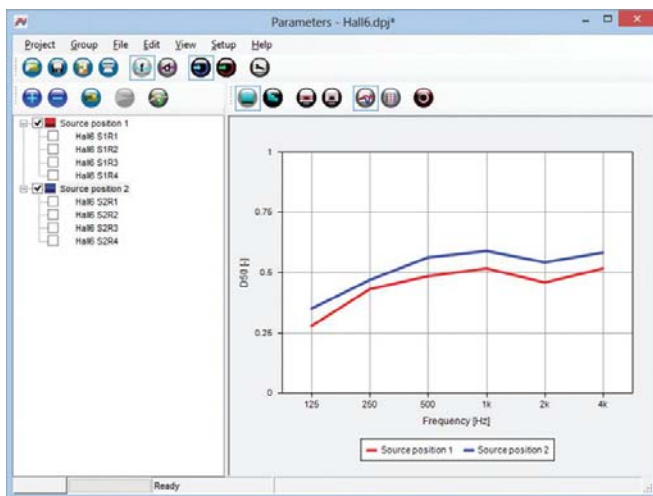
**Рис. 26**  
График параметров, показывающий амплитудный спектр



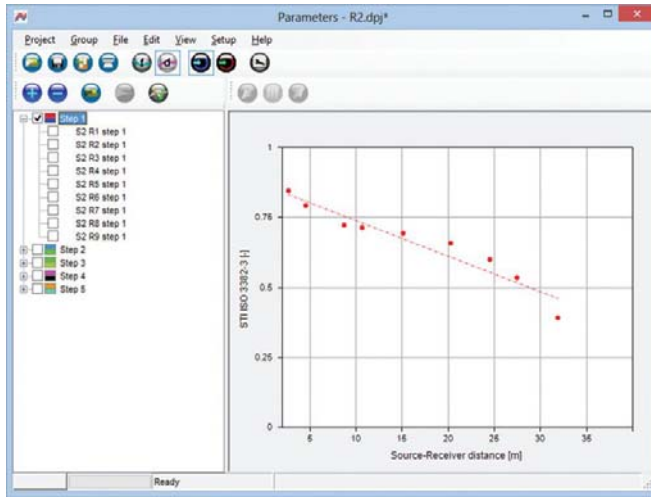
**Рис. 27**  
График параметров, показывающий среднее значение величины  $D_{50}$  и ее среднеквадратическое отклонение, измеренное в четырех точках



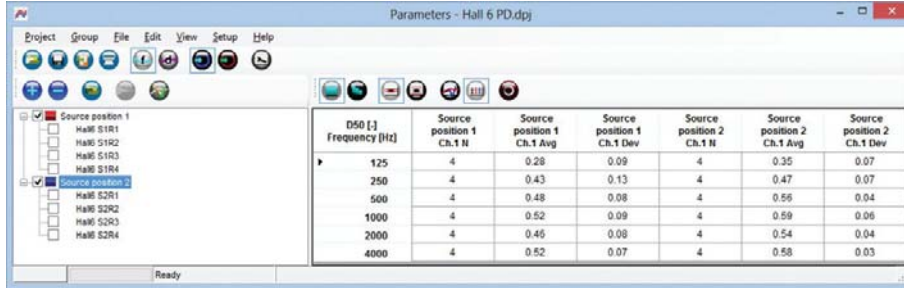
**Рис. 28**  
График параметров, показывающий среднее значение величины  $D_{50}$ , измеренное в четырех точках для двух разных мест расположения источника сигнала



**Рис. 29**  
График параметров, показывающий величину разборчивости речи STI, измеренную в разных точках и показанную в зависимости от расстояния «источник-приемник»



**Рис. 30**  
Таблица параметра  $D_{50}$ : среднее значение и среднеквадратическое отклонение для двух мест расположения источника при двухканальном измерении. Для каждой частоты представлено количество пригодных результатов



**Рис. 31**  
На графике модуляционно-передаточной функции (MTF) показан индекс передачи модуляции (MTI) как функция от частоты модуляции

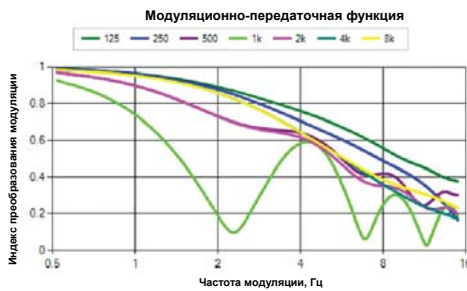


График модуляционно-передаточной функции (MTF) может применяться для исследования случаев с низким индексом передачи модуляции (MTI). Неизменяющаяся с частотой величина MTF говорит о наличии фонового шума, непрерывное увеличение MTF – о наличии реверберации, а провал и последующее нарастание – о наличии эхо (см. рис. 31).

## Другие области применения

**Рис. 32**  
Измерение масштабной модели в камере с отражениями при помощи миниатюрного ненаправленного источника звука



### Измерение на масштабной модели

Для предсказания акустических свойств, например, большого концертного зала, который еще не построен, можно измерить импульсные характеристики на масштабной модели этого зала. После того, как ПО DIRAC преобразует импульсные характеристики для масштабной модели в соответствующие реальным размерам, они могут быть проанализированы обычным способом. Для измерения масштабной модели используется импульсный источник звука, а ПО DIRAC может затем усреднить импульсные характеристики в режиме автоматического выравнивания.

Чтобы прослушать, например, как будет звучать труба в настоящем зале, ПО DIRAC позволяет выполнить свертку сигнала записи трубы с преобразованными импульсными характеристиками.

### СТАНДАРТЫ

Соответствие следующим стандартам:

**МЭК 61260:** «1/1-octave and 1/3-octave Bands Class 0» (1/1- и 1/3-октавные диапазоны, класс 0);

**ISO 3382:** «Acoustics – Measurement of the reverberation time of rooms with reference to other acoustical parameters» (Акустика – измерение времени реверберации в помещениях с учетом других акустических параметров);

**МЭК 60268-16:** «Sound system equipment – Part 16: Objective rating of speech intelligibility by speech transmission index» (Оборудование звуковой системы – часть 16: Объективный показатель разборчивости речи при помощи коэффициента передачи речи);

**ISO 18233:** «Application of new measurement methods in building and room acoustics» (Применение новых методов измерения акустики зданий и помещений);

**ISO/DIS 13472-1:** «Acoustics – Measurement of sound absorption properties of road surfaces in situ – Part 1: Extended surface method» (Акустика – полевые измерения звукопоглощающих свойств дорожного покрытия – часть 1: Метод расширения поверхности);

**NF S 31-089:** «Acoustique – Code d'essai pour la détermination de caractéristiques intrinsèques des écrans installés in situ»;

**EN 1793-5:** «Road traffic noise reducing devices – Test method for determining the acoustic performance – Part 5: Intrinsic characteristics – In situ values of sound reflection and airborne sound insulation» (Средства снижения шума автомагистралей – методы проверки акустической эффективности – часть 5: Внутренние характеристики – полевые измерения величины отражения звука и изоляции воздушного шума);

**EN 1793-6:** «Road traffic noise reducing devices – Test method for determining the acoustic performance – Part 6: Intrinsic characteristics – In situ values of airborne sound insulation under direct sound field conditions» (Средства снижения шума автомагистралей – методы проверки акустической эффективности – часть 6: Внутренние характеристики – полевые измерения изоляции воздушного шума в условиях прямого воздействия звука);

### РАБОТА

Программа представляет собой 32-битное приложение Windows®, управление которой осуществляется при помощи кнопок и/или меню, а также сочетаний клавиш.

### СПРАВКА И ЯЗЫК ПОЛЬЗОВАТЕЛЯ

Краткая контекстная справка доступна в программе на английском языке.

### МЕТОДЫ ИЗМЕРЕНИЯ

**Внутренние или внешние:** последовательность максимальной длины, линейное качание, экспоненциальное качание, шум, импульс и заданная пользователем форма сигнала. Импульсный возбуждающий сигнал (импульсная характеристика + фоновый шум).

#### Источник речи Echo Speech Source

#### Измерения сигнала

**Длительность возбуждающего сигнала:** от 0,34 до 350 с.

**Предварительное усреднение:** от 1 до 999 раз.

**Фильтры:** отсутствует, розовый + синий возбуждающий сигнал (дополнительно).

Измерения могут быть выполнены автоматически.

### ТИПЫ ПРИЕМНИКОВ

Одиночный ненаправленный, двойной ненаправленный, переключаемый ненаправленный-двунаправленный, ненаправленный и двунаправленный, искусственная голова, датчик интенсивности звука.

### ЧАСТОТНЫЙ ДИАПАЗОН

10 1/1-октавных диапазонов от 31,5 Гц до 16 кГц;

30 1/3-октавных диапазонов от 20 Гц до 20 кГц.

### ВЫЧИСЛЯЕМЫЕ ПАРАМЕТРЫ:

- время затухания ранних отражений, EDT;
- время реверберации,  $T_{10}$ ,  $T_{20}$ ,  $T_{30}$ ;
- время реверберации (задаваемый пользователем диапазон затухания),  $T_x$ ;
- время реверберации (по лучшему времени затухания), RT;
- коэффициент баса (на основе времени реверберации), BR(RT);
- импульсное отношение сигнал/шум, INR;
- отношение сигнал шум, SNR;
- коэффициент сопрано (на основе времени реверберации), TR(RT);
- отношение амплитуды сигнала к шуму, PNR;
- сила звука (уровень звука на расстоянии 10 м в свободном поле), G;
- сила звука на заданном пользователем интервале,  $G_{xT}$ ;
- ранняя сила звука,  $G_{e0}$ ;
- поздняя сила звука,  $G_L$ ;
- относительная сила звука,  $G_{rel}$ ;
- амплитудный спектр;
- розовый амплитудный спектр (смещение минус 3 дБ/окт.);
- эквивалентный уровень звука,  $L_{eq}$ ;
- эквивалентный A- и C-взвешенный уровень звука,  $L_{Aeq}$ ,  $L_{Ceq}$ ;
- минимальный уровень звука (F/S и A-/C-/Z-взвешивание),  $L_{min}$ ;
- максимальный уровень звука (F/S и A-/C-/Z-взвешивание),  $L_{max}$ ;
- максимальный уровень звука (F/S и A-/C-/Z-взвешивание),  $L_{peak}$ ;
- процентиль уровня звука (F/S и A-/C-/Z-взвешивание),  $L_N$ ;

- коэффициент баса (на основе уровня), BR(L);
- коэффициент высоких частот (на основе уровня), TR(L);
- интенсивность звука, I;
- разница уровней, D;
- центральное время,  $T_S$ ;
- разборчивость,  $C_{30}$ ,  $C_{50}$ ,  $C_{80}$ ;
- разборчивость (на заданном пользователем интервале интегрирования),  $C_x$ ;
- Четкость ((Deutlichkeit),  $D_{50}$ ;
- четкость (Deutlichkeit, на заданном пользователем интервале интегрирования),  $D_x$ ;
- Hallmass, H;
- отношение энергий, ER;
- критерий эхо (для музыки и речи),  $EC_{music}$ ,  $EC_{speech}$ ;
- критерий эхо (заданный пользователем),  $EC_{user}$ ;
- боковая часть энергии ранних отражений, LF, LFC;
- интер-ауральный коэффициент взаимной корреляции,  $IACC_{80}$ ;
- интер-ауральный коэффициент взаимной корреляции (на заданном пользователем интервале интегрирования),  $IACC_x$ ;
- боковой уровень звука ранних отражений, GEL;
- боковой уровень звука поздних отражений, LG;
- ранняя поддержка,  $ST_{early}$ ;
- поздняя поддержка,  $ST_{late}$ ;
- полная поддержка,  $ST_{total}$ ;
- заданная пользователем поддержка, ST;
- индекс преобразования модуляции, MTI;
- индекс передачи речи в соотв. со стандартом ISO 3382-3, STI;
- индекс передачи речи (мужской и женской), STI;
- параметр STI для систем PA (акустика помещений), STIPA;
- параметр STI для акустики помещений, RASTI;
- параметр STI для систем телекоммуникации, STITEL;
- процент потерь на согласные звуки, % ALC;
- A-взвешенный уровень звукового давления речи,  $L_{p,A,S}$ ;
- A-взвешенный уровень звукового давления речи на расстоянии 4 м,  $L_{p,A,S,4}$ ;
- пространственный коэффициент затухания речи,  $D_{2,S}$ ;
- расстояние отвлечения,  $r_D$ ;
- расстояние приватности,  $r_P$ ;
- коэффициент отражений,  $R_i$ ;
- коэффициент изоляции звука,  $S_i$ ;
- коэффициент отражения мощности звука,  $Q_w$ .

### ПОСТОБРАБОТКА ДАННЫХ

Все параметры могут быть просмотрены в табличном и/или графическом формате.

Параметры могут быть представлены в виде зависимости от частоты или расстояния «источник-приемник».

Измерения могут быть сгруппированы, в каждой группе может быть вычислена средняя величина, среднеквадратическое отклонение, минимальная и максимальная амплитуда.

Вычисленные результаты для нескольких групп могут быть отображены на одном графике или таблице.

Группы могут быть сохранены в файле дерева проекта.

### КАЛИБРОВКА

**Проверка обратной связи звуковой карты:** проверка выполняется для оптимизации линейности, формата отсчетов, синхронизации и частотной характеристики.

**Калибровка системы:** в диффузном или прямом звуковом поле, для измерения силы звука G и связанных параметров.

**Калибровка уровня входного сигнала:** для измерения уровня звука и разборчивости речи, которые оцениваются в условиях различных фоновых шумов.

### ДИАПАЗОН ВРЕМЕНИ РЕВЕРБЕРАЦИИ

**1/1-октавные диапазоны:** от 0,002 до 100 с (1 кГц).

**1/3-октавные диапазоны:** от 0,006 до 100 с (1 кГц).

Минимальное время реверберации обратно пропорционально частоте.

### МОДЕЛЬ В МАСШТАБЕ

**Коэффициенты масштабирования:** изменение в диапазоне от 0,01 до 100. **Частотный диапазон:** 80 кГц (1/3-октавный диапазон) при частоте дискретизации 192 кГц.

### АУРАЛИЗАЦИЯ

Частота дискретизации импульсной характеристики настраивается автоматически таким образом, чтобы соответствовать беззвучному фрагменту звука. Частотная характеристика источника звука может быть скомпенсирована, чтобы избежать окраски звука.

## ПРОСМОТР ИМПУЛЬСНОЙ ХАРАКТЕРИСТИКИ И ГРАФИКОВ

Импульсная характеристика, зависимость энергии от времени, кривая интегрирования вперед, кривая затухания, амплитудный частотный спектр, фазовый частотный спектр, график CSD, каскадная диаграмма, спектрограмма. Наложение второй импульсной характеристики. Диаграмма направленности.

## ПЕЧАТЬ И ЭКСПОРТ

Графики и таблицы могут быть экспортированы через буфер обмена или выведены на печать. Все результаты могут быть напечатаны или экспортированы в формат ASCII (текст) для дальнейшей обработки в других программах или экспортированы в формат Odeon. Вычисленные результаты нескольких параметров могут быть сохранены по всему проекту.

## ПОДДЕРЖИВАЕМЫЕ ФОРМАТЫ ФАЙЛОВ

Wave (.WAV) 8-/16-/24-/32-бита, целое. 32-/64-бита с плавающей точкой. 1-2 канала.

Raw (.PCM) 8-/16-бит, целое; 32-бита с плавающей точкой. 1-2 канала.

Text (.TXT) 32-бита с плавающей точкой. 1-2 канала.

MLSSA (.TIM) 32-бита с плавающей точкой. 1 канал.

## ТРЕБОВАНИЯ КОМПЬЮТЕРНОЙ СИСТЕМЫ

**Операционная система:** Windows® 8, Windows® 7 или Windows Vista®  
Microsoft .NET Framework 4.5.

**Процессор:** минимум 1 ГГц.

**ОЗУ:** 2 GB.

**Свободное место на диске:** минимум 500 МБ.

**Вспомогательное оборудование:** устройство чтения компакт-дисков, от 16- до 32-битная графическая карта/монитор, мышь или другое указательное устройство.

**Звуковая карта:** 2 канала, полный дуплекс, частота дискретизации 22,05; 32; 44,1; 48; 96 или 192 кГц, поддержка ASIO или CoreAudio/WASAPI.

## Информация для заказа



Тип 7841 ПО DIRAC, предназначенное для измерения акустики помещения

в поставку входят:

- программа на компакт-диске;
- сигналы возбуждения на компакт-диске;
- ключ HASP;
- кабель обратной связи AO-0593<sup>\*</sup>.

### ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ПРИНАДЛЕЖНОСТИ

ZE-0948 USB-аудио-интерфейс

в поставку входят:

- кожаный футляр KE-0456;
- сборка USB-кабеля AO-0708;
- 2 × кабель с разъемами RCA Phono AO-0707;
- 4 × переходник с разъема RCA Phono на байонетный JP-0071;
- 1 × переходник с разъема RCA Phono на разъем 1/4" Jack JP-0072.

Модель 4720 Источник речи Echo Speech Source

в поставку входят:

- установочное программное обеспечение;
- источник питания ZG-0864.

Модель 2238 Интегрирующий измеритель уровня звука

Модель 2239 Интегрирующий измеритель уровня звука

Модель 2250 Портативный анализатор

Модель 2270 Портативный анализатор

Модель 2260 Прецизионный анализатор уровня звука

Тип 7841-X-100 Обновление до последней версии ПО типа 7841

AO-0585 Кабель от выхода переменного сигнала прибора 2238/2239 на вход звуковой карты (разъем 3,5 мм jack), длина 3 м

AO-0586-D-030 Кабель от выхода вспомогательного сигнала прибора 2250 или 2260 на вход звуковой карты (разъем 3,5 мм jack), длина 3 м (10 футов)

AO-0586-D-100 Кабель от выхода вспомогательного сигнала прибора 2250 или 2260 на вход звуковой карты (разъем 3,5 мм jack), длина 10 м (33,3 фута)

AO-0586-D-150 Кабель от выхода вспомогательного сигнала прибора 2250 или 2260 на вход звуковой карты (разъем 3,5 мм jack), длина 15 м (50 футов)

AO-0592 Удлинитель кабеля AO-0585 или AO-0586 (разъем jack 3,5 мм, вилка/розетка) 10 м (33,3 фута)

AO-0592-V Удлинительный кабель с разъемом jack 3,5 мм и выбранной заказчиком длиной

**ПРИМЕЧАНИЕ:** более подробная информация об источниках звука представлена в разделе «Sound Sources» (Источники звука) на сайте [www.bksv.com](http://www.bksv.com).

<sup>\*</sup> Не может использоваться с USB-аудио-интерфейсом ZE-0948. Необходимо использовать кабель AO-0707 (входит в поставку USB-аудио-интерфейса ZE-0948)

## ТОРГОВЫЕ МАРКИ

Microsoft, Windows и Windows Vista являются зарегистрированными торговыми марками компании Microsoft Corporation в США и/или других странах.

Компания Brüel & Kjær оставляет за собой право вносить изменения в технические параметры и дополнительные принадлежности без уведомления. Авторское право © принадлежит компании Brüel & Kjær. Все права защищены.

ГЛАВНЫЙ ОФИС КОМПАНИИ: Brüel&Kjær Sound & Vibration Measurement A/S · DK-2850 Nærum · Denmark  
(АО Брюль и Кьер Измерение звука и вибрации · DK-2850 Нерум · Дания)  
Телефон: +45 7741 2000 · Факс: +45 4580 1405 · [www.bksv.com](http://www.bksv.com) · [info@bksv.com](mailto:info@bksv.com)

Местные представительства и сервисные центры компании расположены по всему миру.

**Brüel & Kjær**

