

Клинические испытания

Февраль 2016



Phonak Venture: программа "Музыка"

Субъективно оценена как самая близкая к идеалу

Данное исследование выполнено компанией DELTA SenseLab в Дании. Сравнивалась программа "музыка" слуховых аппаратов Phonak Venture с аналогичной программой трех конкурентов. Из всех протестированных программ самой близкой к идеалу оказалась программа, используемая в аппаратах Phonak Venture.

Введение

Как новички, так и опытные пользователи слуховых аппаратов часто жалуются на неестественность звучания музыки. Для решения этой проблемы производители слуховых аппаратов продолжают создавать новые и совершенствовать существующие варианты программы "музыка". Влиянию обработки сигнала слуховыми аппаратами на звучание музыки и ее восприятие уделялось недостаточно внимания (Wessel, Fitz, Battenberg, Schmeder, Edwards, 2007). Люди с нарушениями слуха интересуются музыкой не меньше, чем нормальнослышащие люди. Поэтому неудивительно, что пользователи слуховых аппаратов хотели бы наслаждаться музыкой, не снимая аппаратов (Chasin, Russo, 2004). Прослушивание музыки повышает качество жизни человека, создает среду для человеческого взаимодействия и моделирует социальные структуры и социальную компетентность (Cross, 2006). Учитывая все вышесказанное, создатели платформы Phonak Venture уделили особое внимание уникальным характеристикам музыки. Для оценки эффективности программы "музыка" слуховых аппаратов Phonak Venture использовался адаптированный метод идеального профиля (IPM), разработанный Worch и соавторами (2013, 2014).

Основная задача настоящего исследования заключалась в изучении программы "музыка" слуховых аппаратов Phonak Venture. Вторичная задача состояла в сравнении слуховых аппаратов Phonak Venture с продукцией конкурентов. Для этого был разработан "идеальный профиль", описывающий несколько критериев эффективности слуховых аппаратов при прослушивании музыки. Примеры таких критериев можно найти в работе Legarth и соавторов (2012).

Методика

В исследовании приняли участие 13 испытуемых (9 мужчин и 4 женщины) в возрасте от 65 лет до 81 года с умеренной тугоухостью [категория слуха N3 (+/-10 дБ) в соответствии с IEC 60118-15 (Bisgaard, Vlaming, Dahlquist, 2010)] (см. рис. 1). Все испытуемые были опытными пользователями слуховых аппаратов, обученными тестированию акустических систем. Методика была разработана, реализована, проанализирована и интерпретирована компанией DELTA SenseLab, специализирующейся на субъективном тестировании звуковых и зрительных стимулов.

Исследование состояло из двух этапов. На первом этапе выявляли характерные для музыки звуковые параметры, оптимизация которых способствует приятному восприятию музыки. Второй этап заключался в оценке различных слуховых аппаратов в соответствии с выявленными на первом этапе параметрами, а также в определении "идеальной точки". Последняя представляет собой оценку каждого из параметров, соответствующую наибольшему предпочтению при прослушивании музыки в слуховых аппаратах людьми со снижением слуха категории N3.

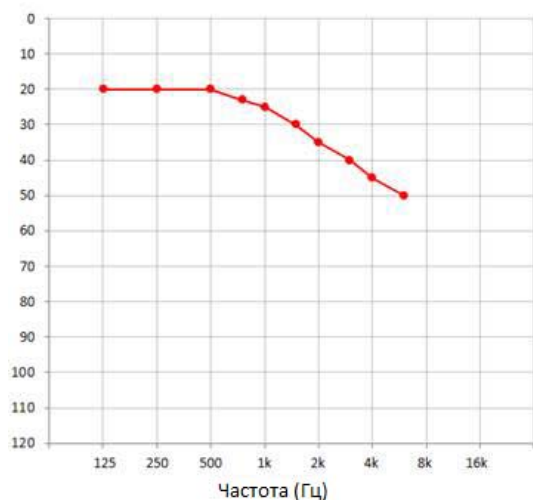


Рис. 1: Категория слуха N3 в соответствии с IEC 60118-15 (Bisgaard, Vlaming, Dahlquist, 2010).

Четыре различных слуховых аппарата (D1, D2, D3, D4) программировались в соответствии с индивидуальными аудиограммами. D4 представлял собой слуховой аппарат Phonak Venture в программе "музыка". Устройствам конкурентов, также в программе "музыка", соответствуют символы D1-D3. Программа "музыка", используемая в устройствах Phonak Venture, является результатом дальнейшего совершенствования программы "музыка", применявшейся в слуховых аппаратах предыдущего поколения, Phonak Quest.

Запись осуществлялась с помощью имитатора головы и торса (HATS), расположенного в центре стандартной акустической студии, по периметру которой располагались калиброванные динамики (рис. 2). Опытный слухопротезист надевал слуховые аппараты на манекен HATS. Параметры слуховых аппаратов соответствовали первичной настройке, основанной на индивидуальной аудиограмме (согласно программе настройки каждого производителя).

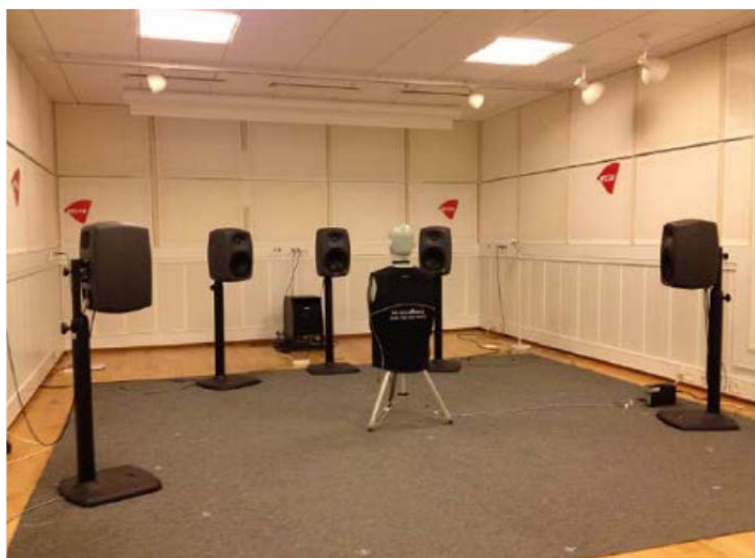


Рис. 2: Компонка акустической студии EBU 3276 в процессе записи слуховых аппаратов в лаборатории DELTA.

На предварительной стадии исследования производился иерархический кластерный анализ характеристик продукта с созданием профильных графиков. Это делалось для обнаружения сходств и различий отдельных продуктов, а также для выявления наиболее значимых музыкальных жанров. Использовали три звукозаписи, представлявшие различные музыкальные жанры (классика, поп и джаз).

Вначале испытуемым предлагали определить параметры. Их снабжали письменными инструкциями, после чего они устно подтверждали понимание задачи, заключающейся в выявлении параметров звукозаписи, наиболее важных для оценки разных музыкальных отрывков. Окончательный список параметров строился на основании исходных словесных описаний, обобщавшихся руководителем исследования.

Ниже приведен окончательный список параметров с описанием каждого из них:

Тембральный баланс (оценка от “глубокого” до “мелкого”). Тембральный баланс относится к общему восприятию звуковоспроизведения: от "глубокого" (тяжесть и глубина басов) до "мелкого" (ненасыщенность, разреженность, отсутствие полноты).

Жестяной звук (оценка от “немного” до “много”). Это звук, похожий на звучание старых телефонов или радиопередачи 40-50-х годов прошлого века. Если звук хорошо сбалансирован и не воспринимается как жестяной, его оценка находится в крайней левой части шкалы.

Визгливость (оценка от “немного” до “много”). Визгливость может сопутствовать воспроизведению высоких тонов скрипки, флейты, женского голоса и т.п. Если в звуке присутствует визгливость, его оценка располагается в правой части шкалы. Если звук не воспринимается как визгливый, его оценка находится в крайней левой части шкалы.

Реверберация (оценка от “немного” до “много”). Реверберация описывает окраску звучания, характерную для нахождения источника звука в том или ином помещении. Кажется ли вам, что музыку исполняют в ванной комнате, крытом плавательном бассейне, церкви или в более "приглушенном" помещении, например, в спальне? При отсутствии реверберации оценка звука находится в крайней левой части шкалы.

Громкость (оценка от “тихо” до “громко”). Общее восприятие громкости устройства.

Динамичность (оценка от “вялой” до “оживленной”). Динамичность описывает оживленность звуковосприятия. Различаются ли тихие и громкие звуки? Если динамичность музыки вялая, она не будет восприниматься естественно. Оживленный звук воспринимается как более реалистичный.

Разделение источников (от “неясного” до “раздельного”). Разделение источников относится к возможности выделить отдельные инструменты (включая вокал) из общего звукового образа. Если звучание инструментов кажется смешанным и трудно разделимым, звук оценивается как "неясный", и его оценка располагается в левой части шкалы. Если же источники звука хорошо разделены и детали звучания легко различимы, оценка звукозаписи находится в правом конце шкалы ("раздельный").

Дискантовая тень (от “немного” до “много”). Дискантовая тень воспринимается как призыв (шепот или шипение), добавляющийся к звучанию дискантовых музыкальных инструментов или вокала. Эта тень размывает высокочастотные тоны, делая их нечеткими и менее выраженными. При нечеткости звучания дискантов оценка располагается в правом конце шкалы. Если же дисканты чистые и не размытые, оценка находится в левом конце шкалы.

После двух тренировочных сессий испытуемые оценивали все тестируемые устройства по восьми вышеперечисленным параметрам (см. пример на рис. 3). Для этого они перемещали ползунок в соответствующую сторону для каждого устройства и каждого музыкального жанра. После выставления всех оценок испытуемых просили отметить наиболее предпочтительный профиль на шкале параметров в качестве "идеального профиля". Последний представляет собой проекцию желательных характеристик продукта, основанную на субъективных ощущениях. "Идеальную" точку определяли без воспроизведения звукозаписей.



Рис. 3: Экран программы, разработанной компанией Delta SenseLab. Вверху показан оцениваемый параметр, ниже – его краткие характеристики. Каждое тестируемое устройство (A, B, C и D) оценивается путем перемещения соответствующего ползунка.

Результаты

Средние оптимальные оценки и 95%-й доверительный интервал идеальных точек представлены в виде паутиной диаграммы на рис. 4. Здесь на одном рисунке показаны все параметры и все шкалы. Характеристики "идеального профиля" можно описать следующим образом:

- Тембральный баланс с легким уклоном в сторону глубокого
- Очень низкие показатели жестяного звука, дискантовой тени и визгливости
- Умеренная громкость и малая реверберация
- Высокие уровни разделения источников и динамичности.

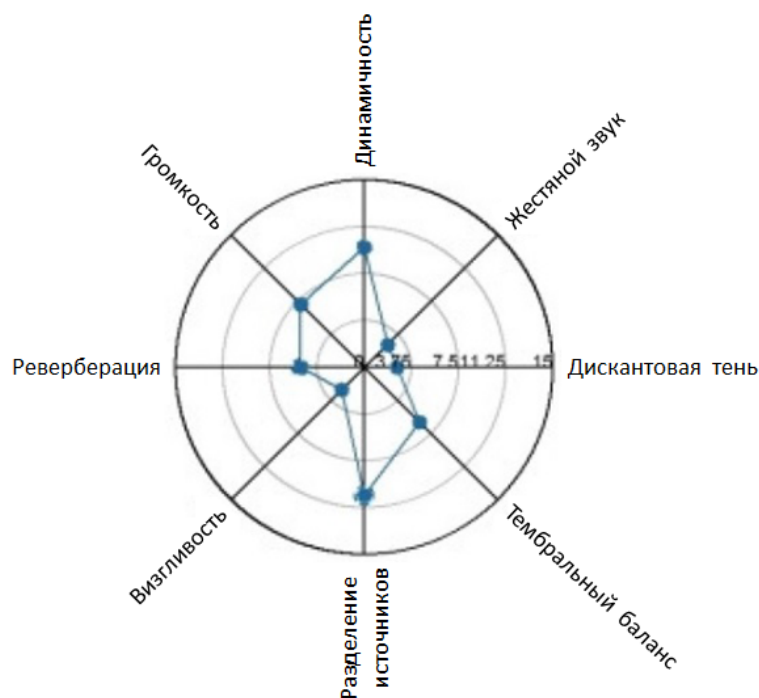


Рис. 4: Паутиная диаграмма, отражающая оптимальные оценки испытуемых при прослушивании музыки; приведенные значения приняты за "идеальные точки".

Оценка отдельных тестируемых устройств проводилась относительно "идеальных точек". Почти все устройства оценивались одинаково и на достаточно высоком уровне. Различия оценок и 95% доверительные интервалы представлены в виде паутиных диаграмм на рис. 5. Их можно описать следующим образом:

- D1: Устройство получило самые низкие оценки по параметрам "динамичность", "громкость", "визгливость", "реверберация" и "разделение источников". Тембральный баланс оценивался как "слегка глубокий".
- D2: Устройство обладало идеальным уровнем громкости, но звучание было несколько "мелким" и "визгливым".
- D3: Характеристики устройства близки к "идеальному профилю", с хорошим разделением источников и динамичностью, низкой визгливостью, незначительной примесью "жестяного" звука и идеальной громкостью. Тембральный баланс немного мельче, чем в "идеальном профиле".
- D4 (Phonak): Устройство обладает характеристиками, схожими с D3, но с несколько большей дискантовой тенью и визгливостью и меньшим разделением источников. Однако, реверберация меньше, чем у D3.

Сравнивая паутиные диаграммы разных устройств (рис. 5) с идеальным профилем (рис. 4), можно отметить, что параметры устройств D3 и D4 (Phonak) ближе всего соответствуют "идеальному профилю". Для статистического подтверждения этого наблюдения был выполнен анализ главных компонент (PCA), способствующий дополнительной интерпретации результатов (рис. 6-9). Обнаружены три главные группы параметра, ответственные за 65% различий. В группе параметров 1 (29%) преобладали "визгливость", "дискантовая тень" и "жестяной звук". Группа параметров 2 (23%) включала "громкость" и "тембральный баланс" (рис. 6), а группа параметров 3 (13%) соответствовала "реверберации" (рис. 8). На рис. 7 и 9 представлены области, занимаемые соответственно группами параметров 1 и 2 и группами параметров 2 и 3. Отображены средние значения и

эллипсы 95% доверительных интервалов, позволяющие легко интерпретировать данные. Можно заключить, что все протестированные устройства статистически значимо отличаются от "идеального профиля" по группам параметров 1 и 2. Кроме того, очевидно, что устройства D3 и D4 (Phonak) ближе всего соответствовали "идеальному профилю" и получили самые высокие оценки пользователей. Взаимное перекрытие доверительных интервалов обоих устройств подтверждает, что они незначительно отличались друг от друга.

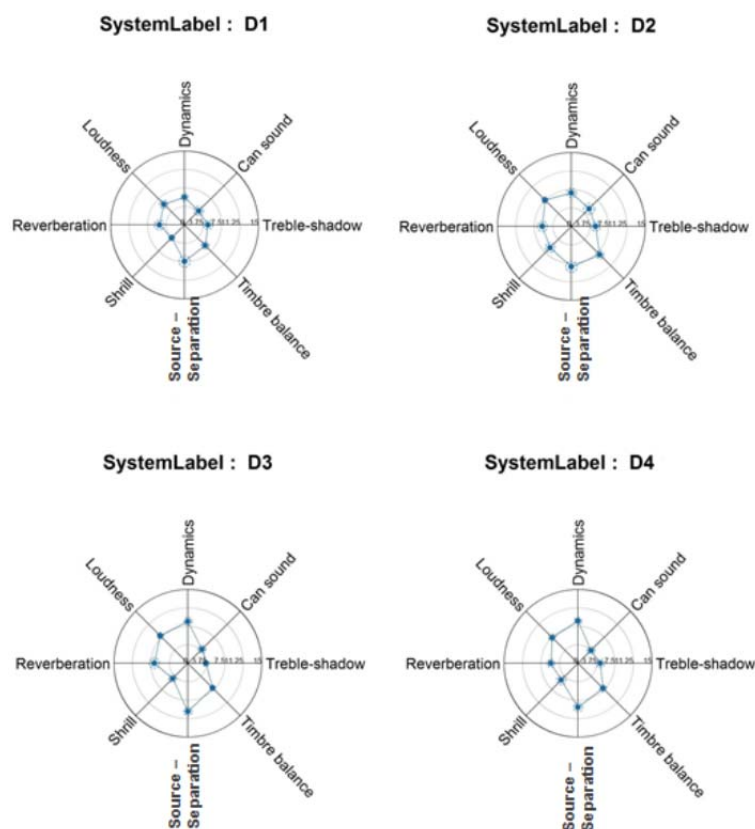


Рис. 5: Профили 4 слуховых аппаратов, сравнивающие их звучание с "идеальным профилем" для всех трех музыкальных жанров. Перевод названий параметров на русский язык представлен на рис. 4.

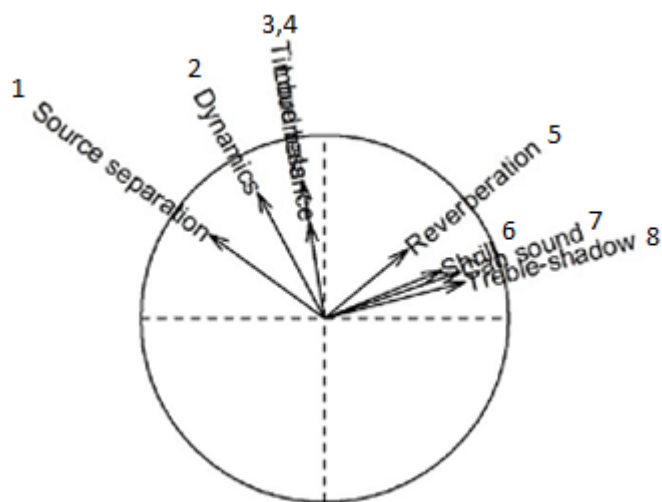


Рис. 6: Результаты PCA для всех тестируемых устройств и всех музыкальных жанров, демонстрирующие группирование параметров. Можно выделить две основные группы параметров. Группа параметров 1 включает в себя "визгливость", "дискантовую тень" и "жестяной звук", отвечая за 29% различий. Группа параметров 2 объединяет "громкость" и "тембральный баланс", объясняя 23% различий. [1 – разделение источников, 2 – динамичность, 3 – тембральный баланс, 4 – громкость, 5 – реверберация, 6 – визгливость, 7 – жестяной звук, 8 – дискантовая тень].

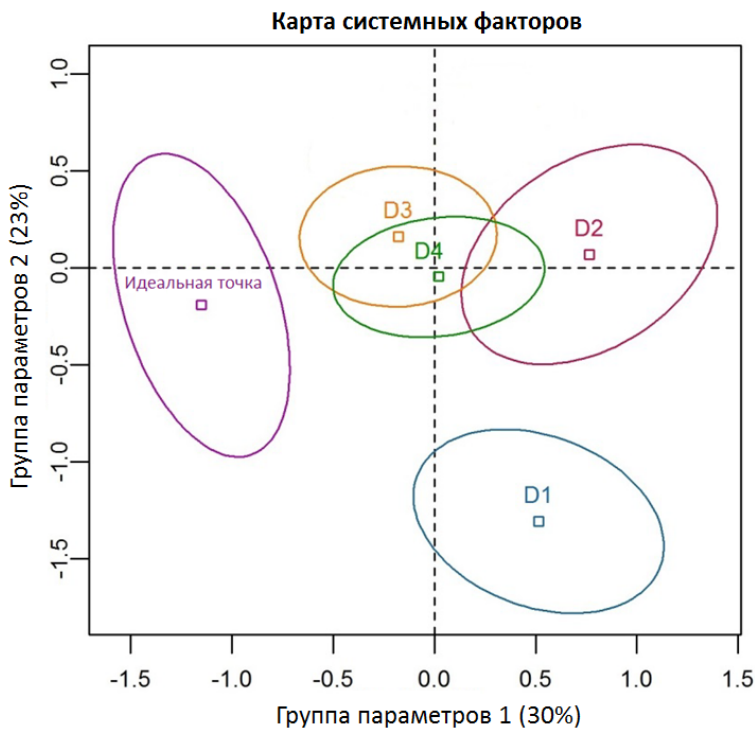


Рис. 7: Средние значения и 95% доверительные интервалы (эллипсы) всех тестируемых устройств и "идеальная точка". Расположением групп параметров 1 и 2 относительно друг друга объясняется 52% различий.

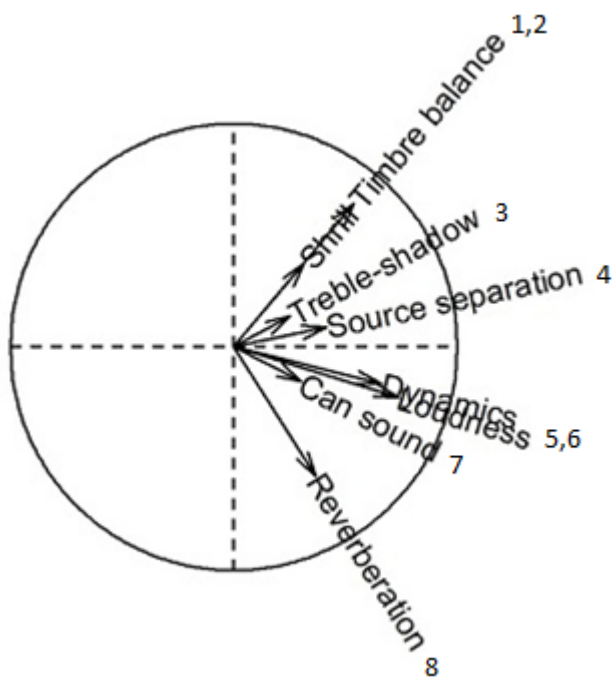


Рис. 8: Результаты PCA для всех тестируемых устройств и всех музыкальных жанров, демонстрирующие группирование параметров. Можно выделить две группы объединяющие ряд параметров. Группа параметров 2 объединяет "громкость" и "тембральный баланс", объясняя 23% различий. Группа параметров 3 включает "реверберацию" и отвечает за 13% различий [1 – визгливость, 2 – тембральный баланс, 3 – дискантовая тень, 4 – разделение источников, 5 – динамичность, 6 – громкость, 7 – жестяной звук, 8 – реверберация].

Заключение

Сравнение четырех слуховых аппаратов проводили с использованием метода идеального профиля (Worch, Le, Punter, Pages, 2013; Worch, Crine, Gruel, Le, 2014). Звучание трех различных по жанру музыкальных отрывков оценивали 13 опытных людей с диагностированной тугоухостью степени N3 (Bisgaard, Vlaming, Dahlquist, 2010). Слуховые аппараты были настроены в соответствии с аудиограммами; тестировались программы, позиционируемые производителями слуховых аппаратов как предназначенные для прослушивания музыки.

Аппараты оценивались по восьми параметрам, выделенным в ходе предварительного прослушивания. Результаты тестирования подвергались анализу с целью выявления субъективных различий звучания музыкальных отрывков. Профили каждого из продуктов сравнивали с идеальным профилем. Дисперсионный анализ обнаружил статистически значимые системные эффекты почти всех параметров. Устройства D3 и D4 (Phonak) ближе всего соответствовали идеальному профилю. Поэтому ни одна из музыкальных программ не может считаться более близкой к идеалу, чем программа "музыка" слуховых аппаратов Phonak Venture. Дальнейшее усовершенствование этой программы должно быть направлено на уменьшение визгливости и дискантовой тени.

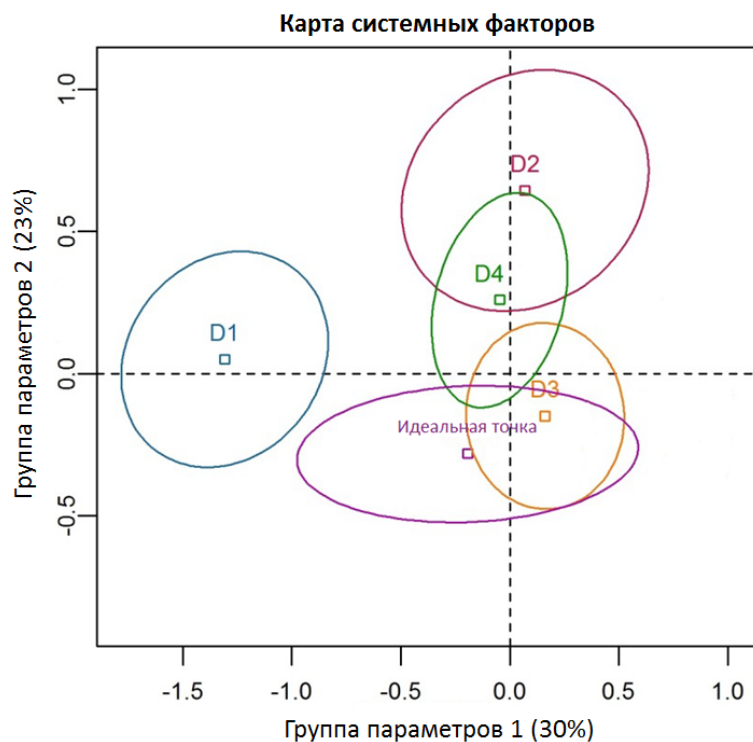


Рис. 9: Средние значения и 95% доверительные интервалы (эллипсы) всех тестируемых устройств и "идеальная точка". Расположением групп параметров 2 и 3 относительно друг друга объясняется 36% различий.

В целом, можно утверждать, что идеальный профиль, созданный в ходе данного исследования, должен способствовать усовершенствованию будущих программ, предназначенных для прослушивания музыки. Исходя из результатов данной работы, нетрудно заметить, что существуют общие направления развития для всех производителей слуховых аппаратов. Полученные данные могут способствовать повышению удовлетворенности пользователей своими слуховыми аппаратами.

Литература

Bisgaard, N., Vlaming, M.S., & Dahlquist, M. (2010). Standard audiograms for the IEC 60118-15 measurement procedure. *Trends in Amplification*, 14(2), 113-20.

Chasin, M. & Russo, F.A. (2004). Hearing AIDS and music. *Trends in Amplification*, 8(2),35-47.

Cross, I. (2006). The origins of music: Some stipulations on theory. *Music Perception*, 24(1), 79-81.

International Telecommunications Union Radiocommunication Assembly (ITU-R). (2014). Methods for the subjective assessment of small impairments in audio systems (Recommendation BS.1116-2 06/2014). Retrieved from <http://www.itu.int/>

Legarth, S., Simonsen, C.S., Dyrland, O., Bramsløw, L & Jespersen, C.T. (2012, August). Establishing and qualifying a hearing impaired expert listener panel. Poster at the International Hearing Aid Research Conference, Lake Tahoe, California.

Wessel, D., Fitz, K., Battenberg, E., Schmeder, A. & Edwards, B. (2007). Optimizing hearing aids for music listening. Conference Paper at 19th International Congress on Acoustics, Madrid, Spain.

Worch, T., Crine, A., Gruel, A. & Lê, S. (2014). Analysis and validation of the Ideal Profile Method: Application to a skin cream study. Food Quality and Preference, 32, 132-144.

Worch, T., Lê, S., Punter, P. & Pagès, J. (2013). Ideal Profile Method: the ins and outs. Food Quality and Preference, 28, 45-59.

Авторы и исполнители исследования

Главные внешние исполнители



Сорен Васе Легарт (Søren Vase Legarth) окончил Технический университет (Дания) в 2004 году со степенью магистра в области электротехники. Основное внимание уделял акустике. В 2007 году принят на работу в отдел акустики только что созданной компании DELTA, где отвечал за разработку методов тестирования, включая оснащение лаборатории и программное обеспечение. С 2011 года возглавляет этот отдел.



Ник Захаров (Nick Zacharov) – старший технолог компании DELTA SenseLab, основанной в 2007. Имеет степень бакалавра в области электроакустики, а также степени магистра и доктора технических наук Хельсинкского технологического университета. Ник – автор ряда технических статей и патентов, а также соавтор книги "Перцептивная оценка звукозаписи".

Главные исполнители от компании Phonak



Матиас Латцель (Matthias Latzel) изучал электротехнику в Бохуме и Вене (1995). В 2001 году присвоена степень доктора философии (PhD). Постдокторантуру проходил с 2002 по 2004 год на кафедре аудиологии Гиссенского университета. С 2011 года возглавлял отдел аудиологии в компании Фонак-Германия. С 2012 года руководит клиническими исследованиями в головном офисе компании Фонак.



Фолькер Кюнель (Volker Kühnel) получил степень доктора наук в области физики в 1995 году. С 1995 по 1997 годы проходил постдокторантуру в отделе медицинской физики, возглавляемом профессором Б. Кольмайером (Ольденбург, Германия). С 1998 года работает в компании Phonak AG (Швейцария). В настоящее время занимается разработкой новой продукции, возглавляя группу аудиологической эффективности слуховых аппаратов. Занимается алгоритмами работы слуховых аппаратов в привязке к программам их настройки.