

Phonak

Теоретические основы

Новый двойной алгоритм компенсации утечки через вент обеспечивает слуховым аппаратам Phonak чистое и богатое звучание при потоковой передаче сигнала

В современном технологичном мире клиенты могут хотеть слушать потоковые сигналы (например, музыку, ТВ, радио или телефон), одновременно общаясь с друзьями, членами семьи и коллегами посредством микрофонов слуховых аппаратов. Однако, потоковые и внешние компоненты сигнала требуют различной обработки, чтобы одновременно обеспечить чистое и богатое звучание потокового входа и оптимальное качество звучания собственного голоса и голосов других людей на микрофонном входе. Это особенно важно при открытом слухопротезировании, когда оба усиленных входных сигнала (потоковый и внешний) свободно покидают слуховой проход через вент, но лишь один внешний компонент попадает извне через вент, минуя усилитель. Используемый в слуховых аппаратах Phonak Marvel новый двойной алгоритм компенсации утечки через вент решает дилемму отдельного усиления потокового и внешнего сигналов, обеспечивая оптимальное качество звучания каждого из них.

Джейн Вудворд (Jane Woodward), октябрь 2018

Введение

Современные слуховые аппараты обрабатывают звуки, поступающие из нескольких источников: внешние звуки поступают через микрофоны, а потоковые сигналы – по каналам Bluetooth®, Roger™, AirStream™ и через индукционную катушку. Клиенты могут слушать: (1) только внешние звуки; (2) только потоковые сигналы; (3) смесь внешних и потоковых сигналов (например, Roger + микр.). Для простоты мы будем использовать термины "стриминг" и "поток" для обозначения любого входа, альтернативного микрофонам слухового аппарата, например, Bluetooth, Roger, AirStream и индукционная катушка. Для обеспечения превосходного качества звучания в многогранной повседневной обстановке эти потоковые и внешние сигналы должны обрабатываться по-разному, с использованием различных схем усиления и функций очистки звука.

Важность утечки через вент и прямого поступления звука для открытого слухопротезирования
Слуховые аппараты RIC ("ресивер в канале") часто приходится снабжать открытыми системами акустического сопряжения (открытый стандартный вкладыш, индивидуальный вкладыш с большим вентом); этого требуют

конфигурация тугоухости и необходимость звукового комфорта. На рис. 1 показано, как открытое слухопротезирование позволяет низкочастотным звукам, усиленным слуховым аппаратом, покидать слуховой проход (утечка через вент), а внешним низкочастотным звукам – проникать в слуховой проход и достигать барабанной перепонки, минуя микрофоны и тракт усиления слухового аппарата (прямое поступление звука). Суммарный уровень звукового давления (УЗД) у барабанной перепонки определяется уровнем усиленного звука, утечкой через вент, прямым поступлением внешних звуков и костным проведением звуков голоса клиента (Kuk, Keenan, 2006). Обработка звука современными слуховыми аппаратами может учитывать эффект открытого слухопротезирования на усиление низких частот, что способствует нахождению компромисса между необходимой компенсацией потери слуха и оптимальным качеством звука.

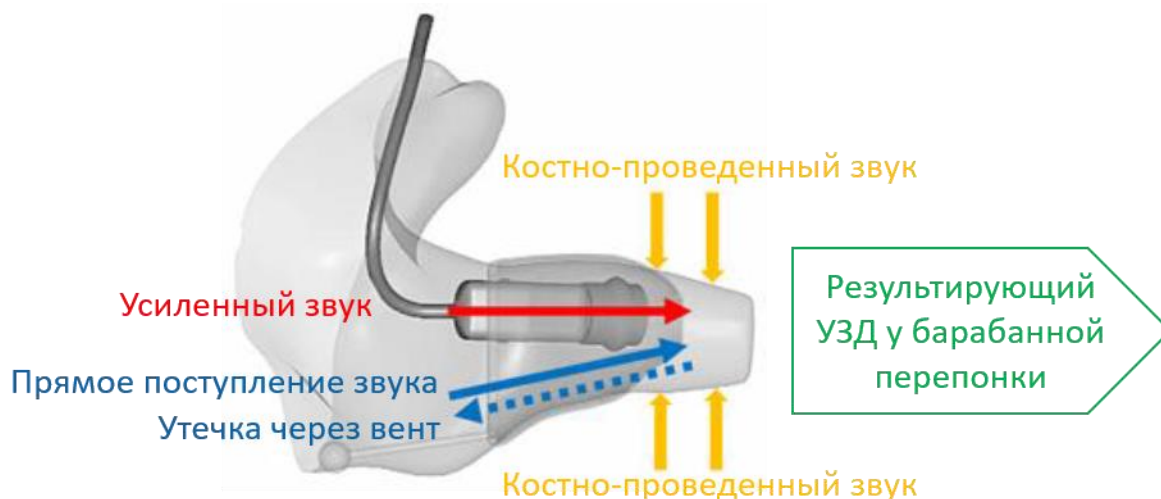


Рис. 1: Вклад усиленного звука, прямого поступления звука, костно-проведенного звука и утечки через вент в общий сигнал, поступающий к барабанной перепонке.

Как следует из рис. 2, доля прямого поступления звука увеличивается по мере увеличения диаметра вента, вплоть до открытого вкладыша. На рис 3 представлены низкочастотные потери, обусловленные утечкой через вент, в зависимости от диаметра вента.

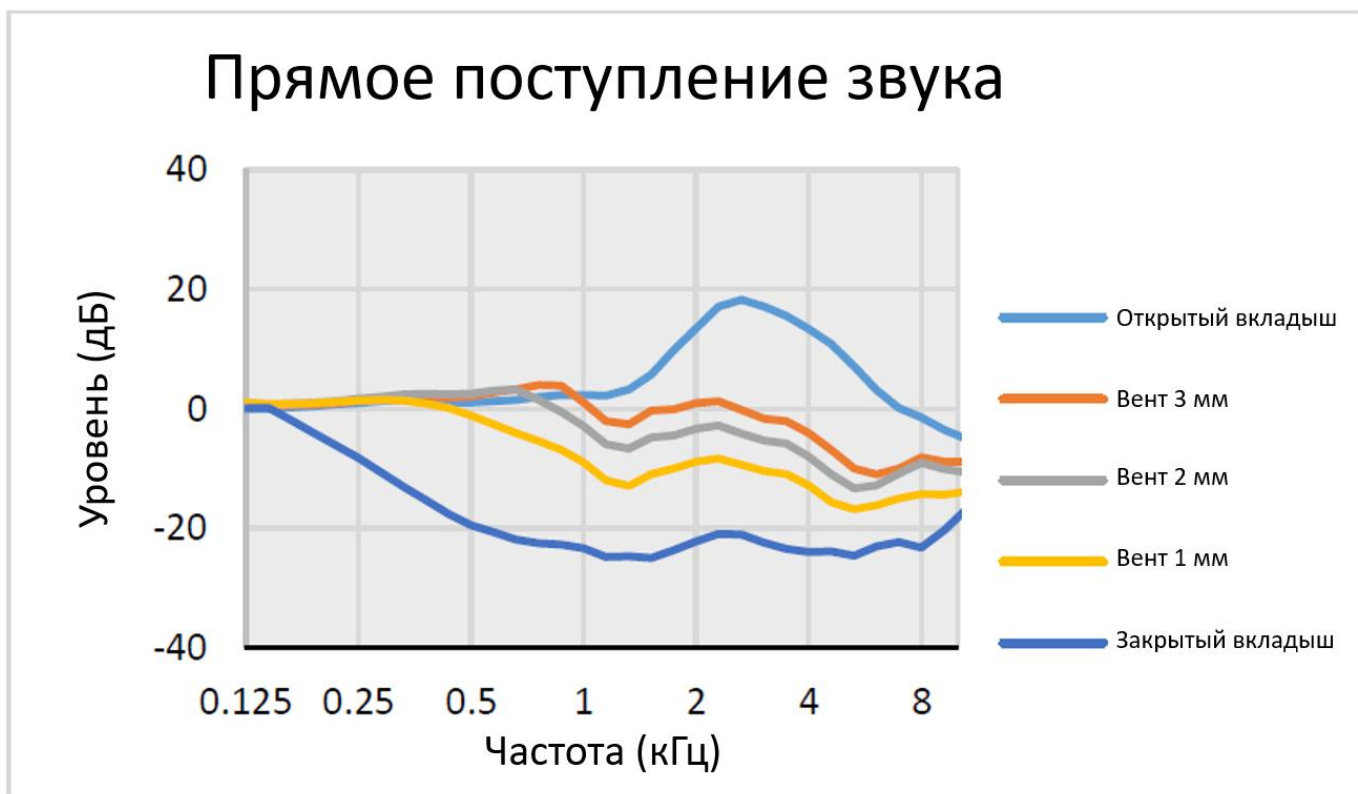


Рис. 2: Прямое поступление звука в ухо при использовании закрытого и открытого вкладышей, а также вентов разного диаметра.

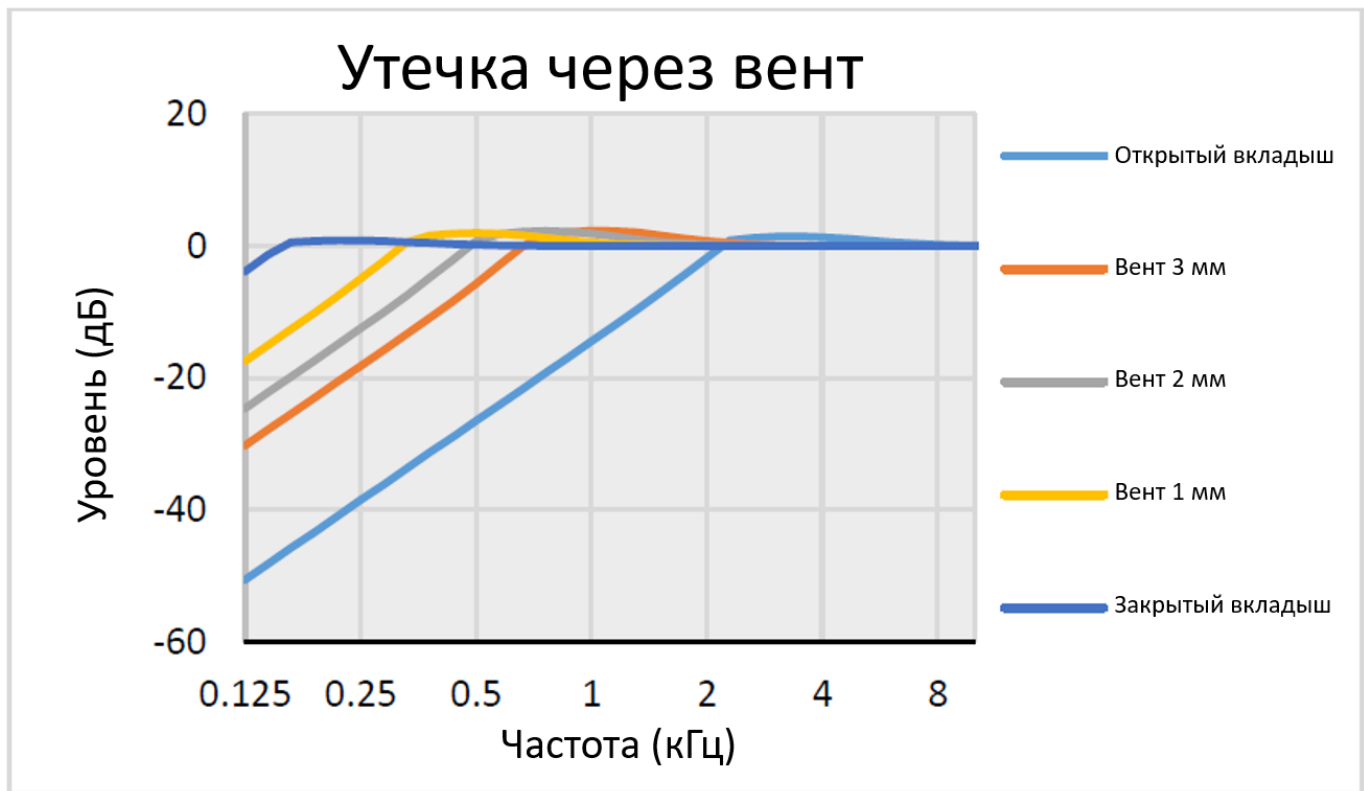


Рис. 3: Утечка звука через вент при использовании закрытого и открытого вкладышей, а также вентиля разного диаметра.

Компенсация утечки через вент

В программах "только микрофон", например "тихая ситуация", пользователь слышит сочетание усиленного звука с непосредственно поступившим в ухо звуком, проникшим в слуховой проход через вент или открытый вкладыш. У клиентов, пользующихся открытым акустическим сопряжением, часто бывает нормальный или близкий к нормальному слух на низких частотах. В таких случаях поступающий к барабанной перепонке прямой (неусиленный) низкочастотный звук не требует компенсации утечки через вент. Напротив, если бы утечка через вент компенсировалась, звучание собственного голоса показалось бы клиенту неприятным (гулким, с эхом и т.п.).

В программах "только стриминг" пользователь слышит только потоковый сигнал, обработанный слуховым аппаратом, т.к. микрофоны аппарата отключены. В такой ситуации низкочастотные компоненты потокового сигнала покидают слуховой проход через открытый вкладыш/вент. Эта утечка через вент компенсируется за счет дополнительного низкочастотного усиления, обеспечивающего насыщенность звучания; в противном случае звук может восприниматься как "жестяной" (металлический). Компенсация утечки через вент применяется к входным сигналам, минуя микрофоны, а именно: (1) потоковым сигналам телефона, устройств Roger, индукционной катушки; (2) потоковым сигналам ТВ, музыкальных проигрывателей и радио; (3) сигналам, генерируемым самим слуховым аппаратом (оповещения или голосовые сообщения). Одним из недостатков программ "только стриминг" является отсутствие активного микрофона, из-за чего клиент ощущает себя изолированным от окружения. Поэтому клиенты часто предпочитают смешанные программы, позволяющие слышать внешние звуки.

В смешанных программах, сочетающих стриминг с активными микрофонами, например, "медиа-музыка + микр." "медиа-речь + микр.", "Roger + микр." и "телефон через Т-катушку + микр.", компенсация утечки через вент должна быть разной для акустической и потоковой составляющих сигнала. Во многих ситуациях клиенту важно не только слышать потоковый сигнал, но и "оставаться на связи" с внешним миром. Это может быть связано с безопасностью (например, дорожное движение) или необходимостью реагировать на оповещения (например, дверной звонок). Кроме того, в ряде ситуаций бывает желательно общаться с окружающими, например, при просмотре телепрограмм. В программе "только стриминг" или в наушниках это невозможно. Поэтому в программе настройки Phonak Target по умолчанию предлагается не отключать микрофоны в процессе стриминга.

Проблема: микрофон и потоковые сигналы требуют различной компенсации утечки через вент

Потоковый и микрофонный сигналы требуют разных подходов к усилению. При их сочетании слуховому аппарату приходится применять компенсацию утечки через вент потокового сигнала для обеспечения надлежащей насыщенности звучания, одновременно избегая чрезмерного низкочастотного усиления внешних звуков для сохранения достаточной четкости речи и естественности звучания собственного голоса. Это непростая задача для слуховых аппаратов.

Прежде в слуховых аппаратах Phonak можно было воспользоваться только одним алгоритмом компенсации утечки через вент для потокового и внешнего сигналов, объединенных в одной смешанной программе. Это приводило к неизбежному компромиссу усиления низкочастотных звуков, приводившему к потенциально избыточному усилению сигнала микрофона и недостаточному усилению потоковой части сигнала, например, при одновременном просмотре телевизора и общении с окружающими.

Стриминг телевизионного сигнала особенно важен, если учесть, что средний американец тратит более 5 часов в день на просмотр медиа, будь то ТВ или потоковый контент. При этом самыми активными потребителями являются люди старше 50 лет (Koblin, 2016). Просмотр ТВ представляет собой социальный опыт, поэтому важно обеспечить чистоту не только поступающего из телевизора звука, но и голосов людей, смотрящих ТВ вместе с пользователем слуховых аппаратов.

В таких смешанных программах необходимо использовать различную компенсацию утечки через вент для акустической и потоковой частей сигнала.

Решение: новый двойной алгоритм компенсации утечки через вент в слуховых аппаратах Marvel

В настоящее время стало возможным использовать двойной алгоритм компенсации утечки через вент, обеспечивающий оптимальное усиление как внешнего, так и потокового сигнала. В смешанных программах, сочетающих потоковый и микрофонный компоненты, слуховые аппараты Phonak Marvel способны обрабатывать каждый из входных сигналов отдельно и одновременно. Это означает, что к потоковым сигналам применяется максимальная (до 35 дБ) компенсация утечки через вент, тогда как звук, поступающий в микрофоны, обрабатывается в соответствии с настройками, используемыми в программе "тихая ситуация". Благодаря этому в смешанных программах удастся повысить качество звучания потоковых сигналов и обеспечить надлежащее усиление сигналов микрофона.

Как работает новый алгоритм двойной компенсации утечки через вент?

Компенсация утечки через вент зависит от типа сигнала – только внешние звуки, только потоковая передача или смешанный сигнал.

Для внешних (только микрофон) входных сигналов используется модель усиления, основанная на программе для тихих ситуаций. Подразумевается, что сигнал у барабанной перепонки состоит из усиленного и прямого компонентов, поэтому применяется ограниченная компенсация утечки через вент. В таких случаях она зависит от степени и конфигурации тугоухости и акустических параметров, установленных в программе Phonak Target; учитывается потенциальная утечка через стандартный или индивидуальный вкладыш. В результате компенсация утечки через вент для внешних звуков определяется эффективным размером вента (размер вента + утечка) в сочетании со степенью и конфигурацией тугоухости. Как правило, компенсация утечки через вент тем больше, чем больше вент и выше степень тугоухости. Сама же компенсация подразумевает дополнительное усиление сигнала в определенном частотном диапазоне.

Для потоковых входных сигналов утечка через вент компенсируется полностью, насколько это позволяет слуховой аппарат, независимо от степени тугоухости. В зависимости от размеров вента, дополнительное низкочастотное усиление может достигать 35 дБ. Повышается и максимальный выходной уровень потокового сигнала (MPO), но он ограничен во избежание искажений.

Преимущество: чистое и богатое звучание потокового сигнала

Разделение источников входного сигнала в новом алгоритме компенсации утечки через вент позволяет добиться богатства звучания потокового сигнала с сохранением естественности внешних сигналов. В результате пользователь не оказывается оторванным от внешнего мира во время стриминга, а потоковый и

внешний сигналы "не вступают в конфликт". Музыка звучит так, как предполагал ее исполнитель, а пользователь слухового аппарата может в любой момент вступить в беседу с окружающими.

На рис. 4 показано, что слуховые аппараты Phonak Marvel могут напрямую подключаться не только к телефону и телевизору, но и ко многим другим устройствам и сервисам. Пользователь аппаратов всегда остается на связи с внешним миром.

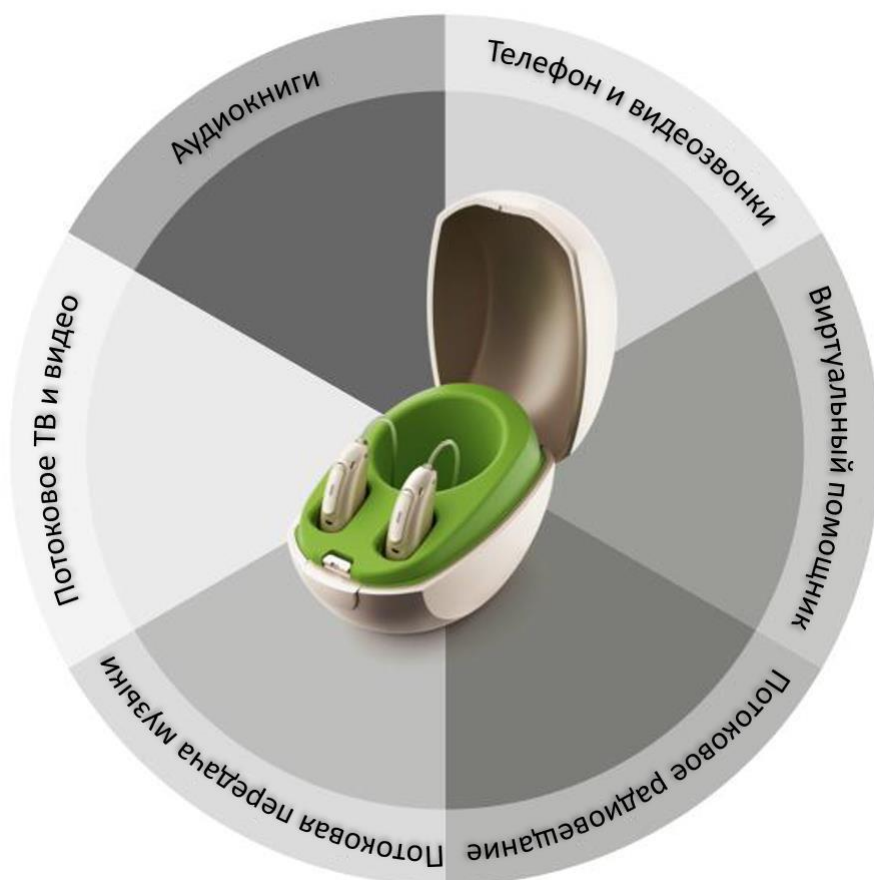


Рис. 4: Слуховые аппараты Phonak Marvel позволяют напрямую подключаться к медийным устройствам, оставаясь на связи с внешним миром посредством микрофонов.

Помимо нового алгоритма двойной компенсации утечки через вент, качество звука во время потоковой передачи аудиосигнала обеспечивается двумя дополнительными факторами:

- (1) Новая операционная система **AutoSense OS™ 3.0** автоматически классифицирует потоковые сигналы, распознавая речь и музыку (Rodrigues, Liebe, 2018). В зависимости от типа потокового сигнала, AutoSense OS™ 3.0 выбирает в качестве приоритета четкость речи или качество звучания и автоматически применяет необходимое для этого расчетное усиление.
- (2) Функция **баланса окружающих звуков** позволяет клиенту регулировать уровень громкости потокового сигнала относительно внешних звуков, в соответствии со своими предпочтениями (Jansen, 2017).

В каких формулах настройки используется новый алгоритм двойной компенсации утечки через вент?

Новый алгоритм двойной компенсации утечки через вент используется для предварительных расчетов в формулах Adaptive Phonak Digital, Adaptive Phonak Digital Contrast и NAL для взрослых (возраст старше 12 лет), с учетом аудиограммы и размера вента, указанных в Target. В формулах настройки DSL v5a Детская, DSL v5a Взрослая, DSL [i/o]) и NAL для детей (≤ 12 лет) компенсация утечки через вент не используется, т.к. перечисленные формулы опираются на собственные предписанные целевые параметры, поправки на утечку через вент и метаданные, используемые в расчетах. В этих случаях мы должны ориентироваться на целевые значения, задаваемые программой верификации в реальном ухе или в тестовой камере.

Доказательная база

Задача нового алгоритма двойной компенсации утечки через вент – обеспечить надлежащее низкочастотное усиление как потоковых, так и внешних сигналов. В процессе разработки алгоритма было выполнено несколько внутренних исследований. Во-первых, было установлено, что люди с нормальным слухом предпочитают дополнительное низкочастотное усиление потоковых сигналов. Во-вторых, это же предпочтение высказывают люди с малой/умеренной тугоухостью, пользующиеся открытым акустическим сопряжением.

Результаты исследования, проведенного в DELTA SenseLab (Дания), показали, что новейшее решение Phonak для слуховых аппаратов Audéo Marvel в сочетании с TV Connector оценивается как одно из лучших по показателю качества звучания потокового сигнала (Legarth, Latzel, Rodrigues, 2018). TV Connector связывает слуховые аппараты с телевизорами и любыми иными устройствами, снабженными аудиовыходом (например, радиоприемники и стереосистемы).

Верификация настроек при использовании нового алгоритма компенсации утечки через вент

При открытом слухопротезировании у взрослых клиентов Phonak советует оптимизировать звучание в естественных условиях, не прибегая к верификации в куплере объемом 2 см³. При таком подходе учитывается как прямое поступление звука в ухо через вент, так и его утечка в обратном направлении. Как уже было отмечено, следует различать программы, в которых прямой сигнал дополняет сигнал, усиленный слуховым аппаратом, и программы стриминга, в которых роль прямого поступления звука невелика или вовсе отсутствует. При верификации открытой настройки в тестовой камере с использованием куплера объемом 2 см³ выход аппарата может быть ниже расчетного на низких частотах. В реальном ухе эта нехватка "восполняется" прямым поступлением звука.

Советы по верификации открытого акустического сопряжения в реальном ухе можно найти в публикации Smriga (2017).

При использовании Ассистента верификации в программе Phonak Target мы также можем столкнуться с недостаточным выходом на низких частотах в куплере объемом 2 см³. Однако, в реальном ухе звучание будет оптимальным.

Заключение

При открытом слухопротезировании новый алгоритм двойной компенсации утечки через вент обеспечивает надлежащее низкочастотное усиление как для потокового, так и для акустического (поступающего через микрофоны слухового аппарата) сигнала. Дополнительное усиление потокового сигнала на величину до 35 дБ позволяет наслаждаться чистым и богатым звучанием при просмотре ТВ, прослушивании музыки, аудиокниг, использовании системы Roger и индукционной катушки. При этом сигнал, поступающий через микрофоны слухового аппарата, не страдает, сохраняя оптимальное качество собственного голоса и четкость речи. Используемый в слуховых аппаратах Phonak Marvel усовершенствованный алгоритм двойной компенсации утечки через вент в сочетании с классификацией потоковых сигналов новой операционной системой AutoSense OS™ 3.0 и функцией баланса окружающих звуков обеспечивают идеальное звучание потоковых сигналов и внешних звуков.

Литература

Jansen, S. (2017). Environmental balance control attenuates environmental noise by up to 30 dB relative to speech signal. Phonak Factsheet, retrieved from www.phonakpro.com/evidence, accessed October 16th, 2018.

Koblin, J. (2016). How much do we love TV? Let us count the ways. Retrieved from <https://www.nytimes.com/2016/07/01/business/media/nielsen-survey-media-viewing.html>, accessed September 18th, 2018.

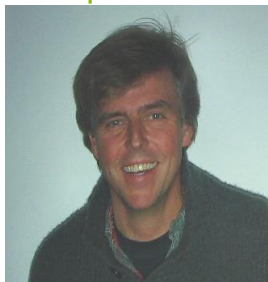
Kuk, F., & Keenan, D. (2006). How do vents affect hearing aid performance? Hearing Review, retrieved from <http://www.hearingreview.com/2006/02/fitting-tips-how-do-vents-affect-hearing-aid-performance/>, accessed October 16th, 2018.

Legarth, S. V., Latzel, M., & Rodrigues, T. (2018). Media Streaming: The sound quality preferred by hearing aid users. Phonak Field Study News, retrieved from www.phonakpro.com/evidence, accessed October 16th, 2018.

Rodrigues, T., & Liebe, S. (2018). Phonak AutoSense OS™ 3.0. The new & enhanced automatic operating system. Phonak Insight, retrieved from www.phonakpro.com/evidence, accessed October 16th, 2018.

Smriga, D. (2017). On-Ear Verification of Open Fittings. Audiology Online, retrieved from <https://www.audiologyonline.com/articles/on-ear-verification-open-fittings-19326>, accessed October 9th, 2018.

Эксперты



Штефан Пислак (Stefan Pislak), старший эксперт по подбору и настройке слуховых аппаратов в отделе исследований и разработок головного офиса Phonak. Штефан занимается преимущественно акустикой слуховых аппаратов. До прихода в Phonak в 2000 г. он изучал физику в Высшей технической школе Цюриха, получил степень доктора (PhD) в области физики высоких энергий в Цюрихском университете и прошел постдокторантуру в Йельском университете.



Фолькер Кюнель (Volker Kühnel), главный эксперт по эффективности коррекции нарушений слуха головного офиса Phonak. Фолькер получил степень по физике в 1995 г. С 1995 по 1997 г.г. проходил постдокторантуру в Ольденбурге, в отделе медицинской физики профессора Б. Колльмайера. С 1998 г. работает в компании Phonak/Sonova в группе, занимающейся взаимодействием алгоритмов слуховых аппаратов с программой настройки и аудиологическими характеристиками. Основное направление работы – аудиологическое качество слуховых аппаратов.

Автор



Джейн Вудворд (Jane Woodward), менеджер по аудиологии, головной офис Phonak. получила степень бакалавра психологии и магистра аудиологии в Саутгемптонском университете (Великобритания). Она обладает богатым опытом работы в области аудиологии, в том числе в университетских клиниках Великобритании и Швейцарии. Джейн занимается разработкой новых слуховых аппаратов и программного обеспечения, а также обучением.